

40 Biologia

Päivi Happonen
Mervi Holopainen
Panu Sotkas
Antero Tenhunen
Marja Tihtarinen-Ulmanen
Juha Venäläinen

Sanoma Pro Oy
Helsinki

Tiedustelut

Sanoma Pro Oy, Helsinki

puh. 020 391 000

sähköposti: asiakaspalvelu@sanomapro.fi

www.sanomapro.fi

Kustantaja: Sanoma Pro Oy

I. painos, 2013

Tämä aineisto on digitaalinen

rinnakkaisversio tuotteesta

ISBN 978-952-63-1494-5

6 kk lisenssi

ISBN 978-952-63-2950-5

48 kk lisenssi

ISBN 978-952-63-2951-2

Toimitus: Johanna Kainu

Ulkoasu: Sari Jeskanen

Taitto: Tarja Lamberg / MacSet Oy

Kansi: Sari Jeskanen

Kuvitus: Pekka Könönen / Picman Oy, Kauko Kyöstiö / Spatio Oy,

Jorma Paranko ja Maia Raitanen

Kuvatoimitus: Nina Tuittu

Kuva- ja piirrosoikeudet kirjan lopussa.

© Päivi Happonen, Mervi Holopainen, Panu Sotkas, Antero Tenhunen,

Marja Tihtarinen-Ulmanen, Juha Venäläinen ja Sanoma Pro Oy

Kopiointiehdot

Tämä teos on oppikirja, joka on suojattu tekijänoikeuslailla (404/61).

Tämän teoksen tai sen osan valokopiointi, skannaaminen tai

muu digitaalinen kopiointi tai käyttö edellyttää oikeudenomistajan luvan.

Kopiosto ry myöntää teosten osittaiseen kopiointiin lupia.

Tarkistakaa, mitkä valokopiointi- ja digiluvat ovat kohdallanne voimassa.

Lisätietoja luvista www.kopiosto.fi

Teoksen tai sen osan muuntelu on kielletty.

Sisällys



1. Biologian ylioppilaskirjoitukset.....	6
2. Biologian ylioppilaskokeen tehtävätyypit	15



Jakso 1. Solut ja eliöt.....	34
3. Eliökunnan luokittelu.....	34
4. Erilaisia soluja, samoja kemiallisia yhdisteitä.....	43
5. Solujen toiminta perustuu biokemiallisiin reaktioihin.....	53
6. Geenit sisältävät solujen toimintaan tarvittavan informaation	64
7. Lisääntyminen	76
Jakso 2. Perinnöllisyys ja evoluutio	87
8. Perinnöllisyys.....	87
9. Evoluutio perustuu muunteluun ja luonnonvalintaan	103
10. Lajien syntyyn vaikuttavat isolaatio, muuntelu, luonnonvalinta ja sattuma.....	112
11. Elämän kehitys	119
12. Evoluution tutkiminen.....	129

Jakso 3. Ekologia ja ympäristöekologia	137
13. Yksilöiden ja populaatioiden ekologiaa	137
14. Eliöyhteisöjen ja ekosysteemien ekologiaa.....	148
15. Uhanalainen biodiversiteetti	158
16. Aineita väärissä paikoissa	166

Jakso 4. Ihmisen biologia.....	175
17. Ihminen pystyy sopeutumaan monenlaisiin olosuhteisiin	175
18. Ihminen on toimiva kokonaisuus	187
19. Hermosto ja hormonit säätelevät elimistön toimintaa	201
20. Lisääntyminen ja elämäntahti	211

Jakso 5. Bioteknologia	220
21. Geenitekniikan menetelmiä käytetään bioteknologiassa	220
22. Jalostuksessa käytetään sekä perinteisiä että uusia menetelmiä	230



Sanasto	237
Aminohappotaulukot.....	278
Valokuva- ja piirrosoikeudet	279

Käyttäjälle

YO Biologia on tehty ylioppilastutkinnon biologian kokeeseen sekä korkeakoulujen ja yliopistojen pääsykokeisiin valmistautuville opiskelijoille. Kirja soveltuu niin itsenäiseen opiskeluun kuin käytettäväksi kertauskursseilla. Biologian ylioppilaskokeeseen ja pääsykokeisiin valmistautuessa kannattaa käyttää rinnakkain YO Biologia -kertauskirjaa ja biologian kurssikirjoja. YO Biologia on saatavilla myös digikirjana.

YO Biologia koostuu kolmesta osasta. Ensimmäisessä osassa annetaan ohjeita ylioppilaskokeisiin valmistautumista ja ylioppilaskokeessa vastaamista varten. Lue huolellisesti nämä ohjeet, kun aloitat kertaaamisen ja uudelleen vielä juuri ennen koetta.

Kirjan toisessa osassa on viisi jaksoa. Ensimmäinen jakso keskittyy soluihin ja eliöihin. Toisessa jaksossa kerrataan perinnöllisyyttä ja evoluutiota, ja kolmannessa jaksossa ekologiaa ja ympäristöekologiaa. Neljäs jakso käsittelee ihmisen biologias ja viides jakso bioteknologiaa. Jokaisen luvun lopussa on runsaasti erityyppisiä tehtäviä, joukossa myös ylioppilaskoetehtäviä. YO Biologia -digikirjan mukana saat täydelliset ratkaisut kaikkiin kirjan tehtäviin.

Kirjan kolmas osa sisältää laajan biologian sanaston, jonka avulla voit kerrata biologian kaikkien kurssien keskeiset käsitteet.

Toivomme, että YO Biologia auttaa sinua menestymään kokeissasi!

Helsingissä 23.10.2013,

tekijät



**OSA
I**

**BIOLOGIAN
YLIOPPILAS-
KIRJOITUKSET**

I Biologian ylioppilas- kirjoitukset



Ylioppilaskoe mittaa sekä aineenhallintaa että kypsyttöä. Biologian ylioppilaskokeessa on 12 tehtävää, joista kaksi on jokeritehtäviä. Saat vastata enintään kahdeksaan tehtävään. Ylimääräisistä vastauksista sakotetaan ankarasti, joten laske palautettavat tehtävät huolellisesti. Tehtävät arvostellaan pisteillä 0–6, paitsi jokeritehtävät pisteillä 0–9. Jokeritehtävät merkitään +-merkillä, ja ne ovat aina kysymyssarjan viimeisinä. Voit halutessasi vastata molempiin jokeritehtäviin.

Tehtävien joukossa on yleensä yksi tai kaksi integroivaa eli oppiainerajat ylittävää tehtävää. Nämä tehtävät liittyvät muun muassa lukion terveystiedon, kemian tai maantieteen kursseihin.

Tehtävasarja laaditaan niin, että vaikeusaste yleensä kasvaa tehtävasarjan loppua kohden. Perustehtävät ovat tehtävasarjan alkupäässä, ja niihin voi vastata pääosin pakollisten kurssien tietojen perusteella. Kursseista 1–2 voi olla jopa kuusi tehtävää. Syventävistä kursseista 3–5 tulee yksi tai kaksi kurssikohtaista tehtävää. Koulukohtaiset kurssit syventävät muiden kurssien sisältöjä.

Tehtävissä voi olla kaksi tai useampia osia, esimerkiksi kohdat a, b ja c, ja niihin kaikkiin pitää vastata. Moniosaisissa tehtävissä ilmoitetaan yleensä eri alakohtien enimmäispistemäärät.

Kokeessa on monentyyppisiä tehtäviä. Osa on otsikkotehtäviä tai käsitteiden määrittelytehtäviä, osa voi perustua tehtäväannon yhteydessä annettuun aineistoon, kuten teksteihin, diagrammeihin tai kuviin. Aineiston tulkintaan perustuvat tehtävät ovat yleistyneet biologian ylioppilaskokeessa. Tehtävät laaditaan lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti. Jotta voisit saada biologian kokeessa korkeimman mahdollisen arvosanan, sinun on hallittava hyvin sekä pakollisten että syventävien kurssien sisällöt. Pelkästään pakollisten kurssien hallinta ei riitä korkeimpiin arvosanoihin.

Usein kysyttyä/ tehtävissä usein olleita aiheita

- käsiteparit ja määritelmät – yleensä moniosainen tehtävä peruskäsitteistä
- solun rakenne ja toiminta; viherhiukanen, mitokondrio, solukalvo, fotosynteesi, soluhengitys
- DNA ja RNA, niiden merkitys, rakenne ja toiminta
- eliökunnan järjestelmä – luokittelua, lajintunnistusta
- evoluutio, usein esimerkkieliöitä, sukulaislajeja ja lajipareja, muuntelua ja lajiutumista
- ekologian perusteet
- lajien väliset vuorovaikutussuhteet
- ympäristön häiriö, sen ekologiset merkitykset ja tutkiminen
- genetiikan perusteet ja risteytystehtävät
- ihmisen jonkin elimen rakenne, toiminta ja toiminnan häiriö
- mikrobi, luokittelu, rakenne, merkitys
- geenitekniiikan menetelmä, esim. geenien siirto tai geenien kartoitus
- geenitekniiikan sovellutukset, mikrobien hyödyntäminen lääketieteessä, jalostuksessa, elintarviketeollisuudessa tai jätehuollossa

Jokeritehtävissä voit saavuttaa maksimipistemäärän, jos käsittelet aihetta jäsennellysti, laajasti ja monipuolisesti sekä osaat yhdistää kysymykseen liittyviä eri kurssien ja eri oppiaineiden tietoja. Jokeritehtävä vaatii tavallista huolellisempaa jäsentelyä. Ilman sitä laaja aihe voi ”karata käsistä”. Toisinaan jokeritehtävässä voi hyödyntää harrastuneisuuttaan, sillä vastauksissa saatetaan tarvita esimerkiksi lajintunnistuksen hallintaa. Jokeritehtävässä hyvä pistemäärä vaatii paitsi asianhallintaa, myös kirjoittamisen taitoa. Jokerivastaukselta edellytetään monipuolista aiheen käsittelyä, ei monisanaisuutta!

YTL:n arvosteluohjeet

Kypsyyttä osoittavan vastauksen tunnusmerkit:

- kokonaisuus on jäsennelly ja asiasisällöltään johdonmukainen
- tehtävän kannalta olennaisia tietoja on riittävästi; vastauksen pituus ja detaljitietojen määrä eivät sinänsä ole ansioita
- syitä ja seurauksia tarkastellaan asianmukaisesti eri näkökulmista
- esitetyt väitteet perustellaan selkeästi
- asioiden käsittely ilmentää tietojen ja taitojen itsenäistä hallintaa ja kykyä niiden soveltamiseen
- tehtäviin liittyviä aineistoja käytetään tarkoituksenmukaisesti
- esitetyt tiedot asetetaan laajempiin asiayhteyksiin
- erityisesti pohdiskelua edellyttävissä tehtävissä erotetaan tosiasiat, perustellut kannanotot ja mielipiteet.

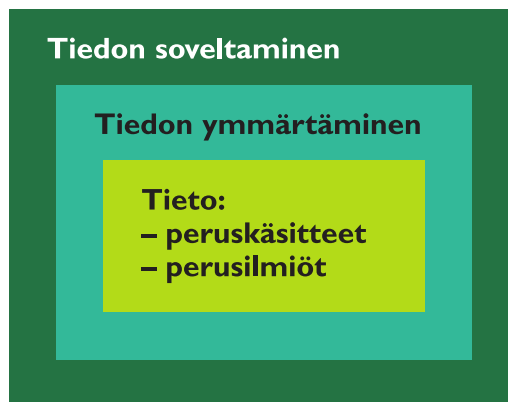
Heikon vastauksen tunnusmerkit:

- suorituksessa on selviä asiavirheitä
- ajatukset on ilmaistu epäselvästi tai epätarkasti
- esitetyt tiedot osoittavat, että kokelas on käsittänyt tehtävän väärin tai ne ovat muuten selvästi epäolennaisia
- vastaus rakentuu pelkästään mielipiteiden varaan.

Kehitä itsellesi hyvä opiskelu- ja vastaustekniikka

Seuraavat ohjeet auttavat sinua vastaamaan hyvin biologian kysymyksiin:

1. Opiskele hyvin kurssien perusasiat ja erityisesti keskeiset käsitteet.
2. Pyri ymmärtämään ilmiöt ja niiden merkitys eliöille.
3. Pyri soveltamaan tietoaasi ja osoittamaan, että ymmärrät asian.
4. Mieti, löytyisikö käsiteltävään aiheeseen jokin sopiva esimerkki.
5. Kytke käsiteltävä asia laajempiin asiayhteyksiin.
6. Yritä löytää eri asioiden välisiä yhteyksiä.
7. Perustele vastauksesi aina biologisin käsittein ja syy-seuraussuhtein.
8. Harjoittele vastaustekniikkaasi monipuolisesti erilaisten tehtävien avulla. Harjoittele myös graafisten esitysten laatimista, tulkintaa ja kaaviokuvien piirtämistä.
9. Kirjoita selkeää, helposti luettavaa tekstiä ja käytä kokonaislauseita.



Toimi koetilanteessa näin

- Lue jokainen tehtävä sanatarkasti ja selvitä, mitä todella kysytään – jokaisella sanalla on merkityksensä.
- Muista vastata jokaiseen osatehtävään, jos tehtävä on jaettu osatehtäviin (a-, b- jne.) tai jäsennelty valmiiksi kysymyksiksi.
- Biologian osatehtävien maksimipistemäärät ilmoitetaan yleensä sulkeissa. Ne antavat viitteen vastauksen vaadittavasta laajuudesta. Yhden pisteen osatehtävään odotetaan lyhyttä vastausta.
- Otsikko eli esseetehtävä on usein selkeä, mutta se vaatii huolellisen jäsentelyn. Tee jäsentely erilliselle paperille käsitekartan tai ranskalaisen viivojen avulla.
- Jos tehtävään liittyy aineistoa (kaavio, taulukko, artikkeli, kartta), perehdy siihen huolellisesti ja ota niiden asiat esille vastauksessasi.

- Tehtävä alkaa usein suoralla kysymyksellä (mikä, millainen, miksi, miten?). Vastaa aina kysymykseen.
- Ota huomioon tehtävässä esiintyvä käskysana. Se ohjaa vastauksen näkökulmaa ja laajuutta. Tehtävien käskysanoja ovat esimerkiksi ”nimeä, määrittele, mainitse, vertaile, selosta, laadi taulukko, laadi kaavakuva, laadi diagrammi...”.

Miten voit arvioida vastauksesi laatua

On tärkeä oppia itse arviomaan oman vastauksen laatua. Tunnistamalla omat vahvuutesi ja heikkoutesi voit paremmin valmentautua ylioppilaskirjoituksiin.

Kun arvioit vastauksesi laatua, käytä apuna oheista taulukkoa. Sen avulla voit hahmottaa, monenko pisteen arvoinen vastauksesi on ja mitkä ovat sen vahvuudet ja heikkoudet.

	ei lain- kaan	hie- man	välttä- västi	koh- talai- sesti	hyvin	kii- tettä- västi	erin- omai- sesti
Onko vastauksessa määritelty kysymyksessä esiintyvät käsitteet?	0	1	2	3	4	5	6
Onko vastauksessa noudatettu tehtävän- antoa ja vastattu kysymykseen?	0	1	2	3	4	5	6
Sisältääkö vastaus kaikki oleelliset asiat ja biologiset käsitteet?	0	1	2	3	4	5	6
Onko vastauksessa johdanto ja yhteenvedo?	0	1	2	3	4	5	6
Eteneekö vastaus johdonmukaisesti?	0	1	2	3	4	5	6
Osoittaako vastaus, että aiheena olevan asian merkitys on ymmärretty?	0	1	2	3	4	5	6
Onko vastauksen väittämät perusteltu biologisin käsittein ja syy-seuraussuhtein?	0	1	2	3	4	5	6
Onko vastauksessa esitetty asiaan liittyviä esimerkkejä?	0	1	2	3	4	5	6
Voiko asiaa tuntematon ymmärtää vastauksen?	0	1	2	3	4	5	6
Onko aineistotehtävissä hyödynnetty kaikkia annettuja aineistoja (taulukkoja, kuvia, diagrammeja)?	0	1	2	3	4	5	6

Biologian ylioppilaskoe ja jatko-opinnot

Opiskelijoiden, jotka suunnittelevat lääketieteen, farmasian, hoitoalojen tai biotieteiden, kuten biologian, biokemian, ympäristötekniikan tai geenitekniikan opintoja, kannattaa kirjoittaa biologian ylioppilaskoe. Biotieteiden ja lääketieteen valintakokeen biologian kysymykset edellyttävät lukion pakollisten ja syventävien biologian kurssien hallintaa ja soveltamista. Myös biologian yo-kokeen pistemäärä otetaan huomioon joidenkin yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen opiskelijavalinnoissa. Tarkemmat tiedot pääsyvaatimuksista ja edellisten vuosien valintakoetehtävät löytyvät vuosittain oppilaitosten valintakoesivuilta.



Esimerkkejä opiskelijoiden vastauksista ja opettajan/sensorin antamista pisteistä

Veren sokeritaso



Miten elimistömme pitää veren sokeritason (glukoositason) vakaana?

Mitä seurauksia on liian korkeasta ja liian alhaisesta veren sokeritasosta?

I. opiskelijan vastaus. Vastauksessa olevat virheet ja epätarkkuudet on alleviivattu punaisella.

Elimistön sokeritasapainon, kuten muidenkin sen reaktioiden tasapainossa pitäminen on varsin monimutkaista. Elimistön sokeritasapainon pääasiallinen tasapainottaja on sisäelimiin kuuluva maksa. Tasapainon säätelyyn osallistuvat myös ruoansulatuskanavassa mahalaukku, haima, ohutsuoli ja erityselimissä munuaiset.

Ihminen saa hiilihydraatteja nauttimastaan ravinnosta, joka alkaa pilkkoutua jo suussa, mutta varsinainen pilkkoutuminen tapahtuu mahalaukussa, jossa vatsalaukun entsyymit alkavat hajottaa di- ja polysakkarideja yksinkertaisemmiksi monosakkarideiksi kuten fruktoosiksi ja glukoosiksi. Pilkkoutuminen jatkuu vielä pohjukaissuolessa ja ohutsuolessa. Pohjukaissuolessa happamaan ruokamassaan erittyä haiman Langerhanssin saarekkeista (umpirauhasia) ruoansulatusentsyymeitä glukagonia ja insuliinia. Insuliinilla on tärkeä merkitys hiilihydraattien pilkkoutumisessa. Ohutsuolessa pilkkoutumistuotteena syntynyt glukoosi mahtuu nyt pienimolekyyli-
senä siirtymään ohutsuolessa verenkiertoon.

Verenkierrossa glukoosi kulkeutuu maksan porttilaskimoa pitkin maksan pikkulohkon hiussuonipoukामीin ja siirtyy näiden toiminnallisiin soluihin, jotka muuttavat glukoosin glykokeeniksi ja varastoivat sen itseensä tai lähettävät verenkierron mukana maksalaskimoa pitkin lihaksiin. Maksasta vapautuu glykokeenista glukoosia aina tarpeen vaatiessa esim. lihaksille soluhengitykseen ja mm. raskaassa fyysisessä rasituksessa, jolloin lihasten energian tarve on suuri. Maksa voi valmistaa glukoosia myös edellä mainitussa kovassa rasituksessa lihaksissa tapahtuneessa maitohappokäymisessä syntyneestä maitohaposta, jota lihakset itse eivät voi hyödyntää. Elimistö valmistaa glukoosia myös tarvittaessa aminohapoista. Glukoosista voidaan puolestaan valmistaa myös lipidejä. Ruoansulatuksen lisäksi maksaan tulee verta myös maksavaltimoa pitkin suoraan sydäimestä, josta sitten otetaan tarvittavat ravinteet ja myrkylliset aineet talteen. Kaikki veri poistuu maksasta joko maksalaskimon tai imusolukon kautta. Maksan käsittelyn jälkeen

veressä olevat glukoosit kulkeutuvat hiussuoniin soluille tai veren mukana munuaisiin primaarivirtsana. Munuaisissa suurin osa hiilihydraateista ja muista ravintoaineista imeytyy passiivisesti takaisin elimistön käyttöön. Näin hyvää energiaa ei mene hukkaan.

Jos haiman saarekkeiden erittämän insuliinihormonin eritykseen tulee häiriöitä ja insuliinia erittyy liian vähän tai ei ollenkaan poly-sakkaridit eivät pilkkoudu glukoosiksi, jolloin veren ionipitoisuus kasvaa. Tämä puolestaan haittaa useissa reaktioissa välttämättömien entsyymien ja hormonien toimintaa sekä ravinteiden siirtymistä soluihin ja niistä ulos. Elimistön osmoottinen tasapaino on tällöin järkkynyt. Ylimääräistä sokeria alkaa erittyä yhä enemmän munaisiin, mikä rasittaaakin niitä valtavasti. Diabetes voidaankin havaita virtsan kohonneesta sokeripitoisuudesta. Munuaisiin erittyy myös muita ravinteita, kuten aminohappoja. Maksakaan ei enää muuta glukoosia glykokeeniksi ja sitten varastoi sitä. Oireena diabeteksestä voi olla kooma ja hoitamattomana kuolema. Hoitona toimivat keinotekoiset insuliinihormonit, joita otetaan pistoksina.

Liian matalasta verensokeritasapainosta seuraa runsas glykokeenin vapautuminen maksassa. Kun ravinteita ei ole tarpeeksi solujen käytössä kaikki reaktiot hidastuvat ja heikkenevät, entsyymit menettävät tehoaan ja erityisesti aineenvaihduntareaktiot ja energian tuotto (soluhengitys) voivat loppua kokonaan. Oireina on velttous, huimaus. Apuna voi olla hiilihydraattipitoisen ruuan nauttiminen.

Opiskelija sai 2 pistettä

Tehtävä liittyy kurssiin 4, Ihmisen biologia. Tehtävään vastaaminen menestyksekkäästi edellyttää täsmällisiä tietoja ja tarkkuutta. Kokeilaan vastauksessa on paljon asiaa, mutta myös paljon virheitä, vääriä ilmaisuja ja epätarkkuuksia.

Virheitä: Hiilihydraatteja ei pilkkoudu mahalaukussa, glukagoni ja insuliini ovat hormoneita, eivät entsyymejä, glukagonin ja insuliinin toimintaperiaatteet on selvitetty puutteellisesti ja virheellisesti, ravinne-sanaa käytetään silloin, kun pitäisi puhua ravinnosta, sokeria erittyy munuaisista, ei munuaisiin. Virheitä ja puutteita on myös liian korkean tai liian matalan glukoositason vaikutusten selvittämisessä.

2. opiskelijan vastaus

Ihmiselimistössä veren sisältämä sokeri on usein yksinkertaisena glukoosina. Glukoosin avulla solut saavat energiaa toimintoihinsa. Glukoosiin sitoutuneen energian ne vapauttavat soluhengityksessä. Veri kuljettaa glukoosia ruumiin eri osiin. Glukoosin pääsy soluun perustuu solun pinnassa olevien kuljettajaproteiinien helpottamaan diffuusioon. Jotta diffuusio tapahtuisi, on veren sokeritason pysyttävä solujen sokeritasoa korkeampana. Näin glukoosi siirtyy suuremmasta pitoisuudesta pienempää. Elimistö voi varastoida glukoosia esimerkiksi maksan ja lihassolujen glykokeeniksi. Näistä varastoista se voidaan tarpeen tullen ottaa käyttöön.

Veren sokeripitoisuutta säätelevät haiman Langerhanssin saarekkeiden glukagonihormonia erittävät A-solut ja insuliinihormonia erittävät B-solut. Verisuonten seinämissä on kemoreseptoreja, jotka aistivat verensokerinmuutokset. Muutoksen aistiminen aiheuttaa reaktiosarjan, jonka seurauksena haima erittää vereen tarpeen mukaan joko insuliinia tai glukagonia.

Kun verensokeri laskee liiaksi, haiman glukagonia erittävät A-solut aktivoituvat. Glukagonin vaikutuksesta maksa alkaa muuttaa varastoimaansa glykokeenia takaisin glukoosiksi ja verensokeri nousee. Kun verensokeri on palautunut normaalille tasolle, glukagonin erityys vähenee.

Usein esimerkiksi makeiden ruokien syönti uhkaa nostaa verensokeria liiaksi. Tällöin haiman insuliini kiihdyttää glukoosin muuttamista glykokeeniksi. Myös insuliinin erityys vähenee verensokerin ollessa normaali.

Sekä liian alhaisella että liian korkealla verensokerilla on elimistön kannalta vaarallisia seurauksia. Liian alhainen sokeritaso estää sokerein diffuusion soluihin ja niiden energian saanti heikkenee. Alhainen verensokeri aiheuttaakin usein heikotusta ja voimattomuutta. Verensokeri voi painua pohjalukemiin esimerkiksi muutaman tunnin kuluttua aterian jälkeen, jolloin insuliinin toiminta on ruoan sisältämien sokereiden vuoksi tehokasta.

Liian korkea verensokeri aiheuttaa pitkään jatkuessaan vakavia oireita. Veri väkevöityy, munuaisissa suodattuun virtsaan voi joutua sokereita ja tärkeitä kivennäisaineita ja maksa muuttaa toimintaansa. Se tehostaa aminohappojen hajoamista, muuttaa rasvoja ketoaineiksi ja lisää kaiken kaikkiaan esimerkiksi proteiinien käyttöä energian tuotantoon. Tila voi olla hengenvaarallinen. Liian korkeaan verensokeriin voi olla syynä esimerkiksi häiriintynyt insuliinin ja mahdollisesti glukagonin tuotanto. Tämä on tilanne lapsuusiän diabetek-

sessä. Tai solut ovat voineet esimerkiksi lihavuuden vuoksi kehittää ns. insuliini-resistenssin, jonka seurauksena glukoosia ei muutu tarpeeksi glykokeeniksi. Tämä on tyypillistä aikuisiän diabetekselle.

Opiskelija sai 6 pistettä

Napakka, selkeä ja turhia jaarittelematon vastaus. Vastauksen alussa on määritelty lyhyesti glukoosin merkitys elimistön toiminnalle. Kaikki verensokeritason vakaana pitämiseen vaikuttavat asiat on mainittu. Haiman toiminnan selostuksessa on mukana myös lisätietoa (Langerhansin saarekkeiden A- ja B-solujen merkitys), joka korvaa sen, ettei adrenaliinia mainita, kun selostetaan glykokeenin muuttumista glukoosiksi. Myös liian alhaisen ja liian korkean verensokeripitoisuuden vaikutukset on kuvailtu selkeästi. Kaikkien perusasioiden mukaan ottaminen, selkeät lauserakenteet ja kappalejako tuovat täydet pisteet.



2 Biologian ylioppilaskokeen tehtävätyypit

I. Otsikkotehtävät eli esseetehtävät

Otsikkotehtävällä tarkoitetaan usein selkeästi tiettyyn kurssiin liittyvää, selvärajaista asiakokonaisuutta. Sillä voidaan myös testata opiskelijan kykyä yhdistellä ja soveltaa eri kursseissa käsiteltyjä asioita. Biologian kokeessa tämäntyyppisiä tehtäviä on useimmiten 1–3 kappaletta. Otsikkotehtävään vastataan esseevastauksella. Biologian esseevastaukseen voi liittää piirroksia, ja usein ne ovatkin erittäin tarpeellisia.

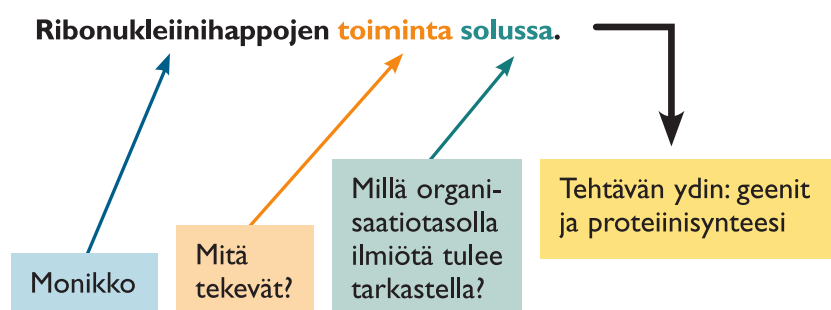
Hyvässä esseevastauksessa on johdanto, käsittelyosa ja lopetus. Se on hyvin jäsennelty, ja asiat etenevät loogisesti. Teksti on selkeää ja helposti luettavaa, ja vastauksessa käytetään kokonaisia lauseita ja asiaan liittyviä käsitteitä. Vastauksen tekstin pituus vaihtelee tehtävän mukaan. Se ei kuitenkaan saa olla pelkkä asialuettelo, toisaalta turhia jaarituksia pitää välttää.

A. Selvitä, mitä otsikossa kysytään, eli pura tehtävä auki

Koetehtävään vastatessa on ensin oltava varma, että on ymmärtänyt, mitä kysytään. Varmista, että tunnet kaikki kysymyksessä esiintyvät käsitteet ja oivallat, mikä on kysymyksen ydin. Esimerkiksi mihin biologiseen ilmiöön kysymys liittyy ja millä organisaatiotasolla (solu, eliö, eliöyhteisö, ekosysteemi) sitä on tarkoitus käsitellä. Tehtävä kannattaa lukea huolellisesti useampaan kertaan ja analysoida se tarkkaan.

Esimerkki otsikkotehtävästä:

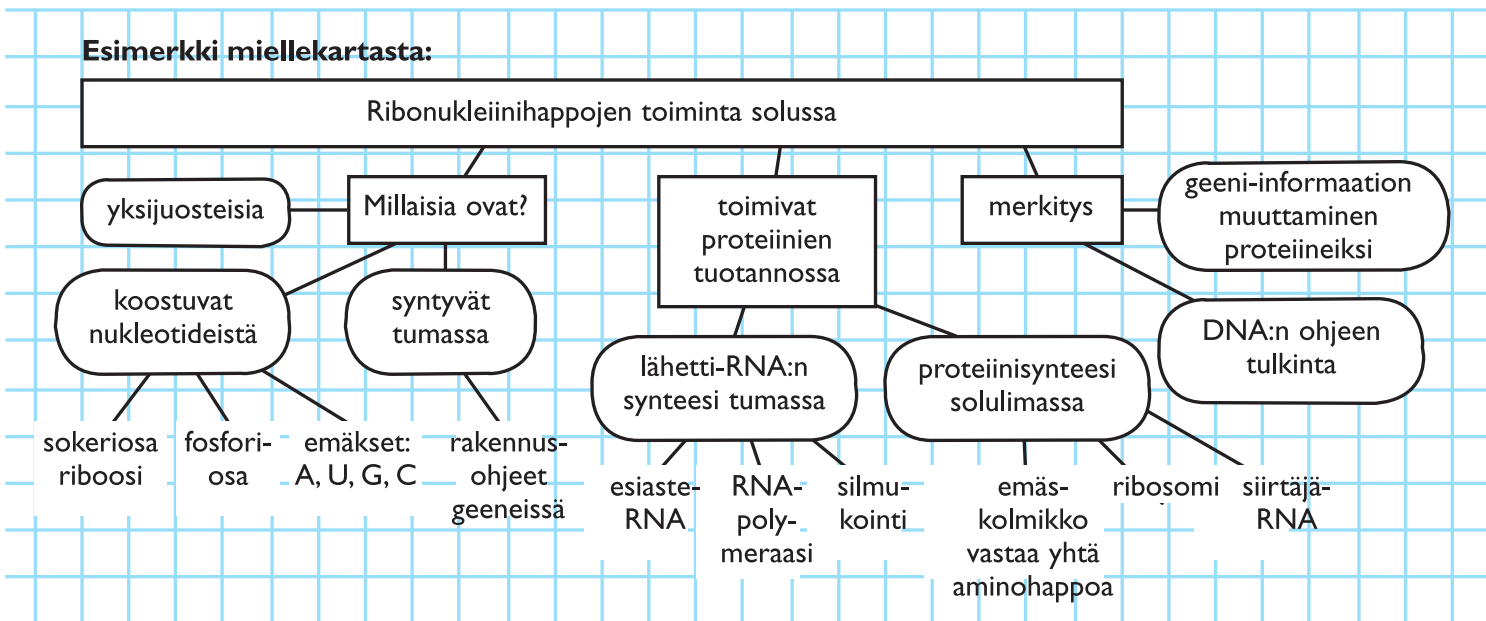
Ribonukleiinihappojen **toiminta solussa**.



Tämän jälkeen on mahdollista kohdentaa, painottaa ja rajata käsiteltävä aihe oikein.

B. Kokoa vastaukseen tarvittavat käsitteet ja asiat paperille

Keskeiset asiat kannattaa hahmotella ranskalaisilla viivoilla tai miellekartan avulla konseptipaperille. Tämän jälkeen voit valita mieleen tulleista asioista kaikkein tärkeimmät ryhmittelyä ja jäsentelyä varten. Lisäksi asioiden välisiä yhteyksiä on hyvä jäsentää etukäteen paperille.



C. Aloita hyvällä johdannolla

Määrittele esseevastauksesi johdannossa tehtävänannossa esiintyvät käsitteet. Jätä turhat alkulauseet pois äläkä yritä ”humoristista ilmaisu”.

Esimerkki johdannosta:

Ribonukleiinihapot eli RNA:t ovat nukleotideista muodostuneita nukleinihappoja. Ne ovat solun toiminnan kannalta keskeisiä molekyylejä, koska ne osallistuvat DNA:n geneettisen informaation muuttamiseen proteiineiksi. Ribonukleiinihapot syntyvät tumassa, ja niitä on erilaisia.

D. Jäsentele vastauksesi

Käsittele asiat loogisessa järjestyksessä. Kirjoita yhdessä kappaleessa pääosin yhdestä asiasta. Käsittele asiat tärkeysjärjestyksessä. Perustele vastauksesi. Käytä apuna esimerkkejä.

Esimerkki vastauksen jäsentelystä:

Ribonukleiinihapot ovat yksijuosteisia. Niiden nukleotidit koostuvat riboosisokerista...

Kun solu tarvitsee tiettyä proteiinia toimintoihinsa, entsyymit aukaisevat DNA:n kaksoiskierteen kyseistä proteiinia koodaavan geenin kohdalta. Tämän jälkeen käynnistyy lähetti RNA:n synteesi...

Valmis lähetti-RNA siirtyy tumahuokosen kautta solulimaan, missä käynnistyy varsinainen proteiinisynteesi...

Kun aminohappoketju on valmis, entsyymit pilkkovat l-RNA:n...

E. Päätä esseevastaus pieneen yhteenvetoon tai loppulauseeseen

Yhteenvedossa on hyvä käsitellä muutamalla lauseella asian merkitystä tai kytkeä esseessä käsitelty asia ”ympäröivään maailmaan”. Lisäksi yhteenvedossa voi esittää erilaisia lisätietoja, jotka liittyvät kyseiseen aiheeseen.

Esimerkki yhteenvedosta:

Ribonukleiinihapot ovat DNA:n ohella solun tärkeimpiä molekyylejä, koska ne kykenevät siirtämään solun toimintaan tarvittavaa geenien sisältämää informaatiota. Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että pienikokoisilla RNA-molekyyleillä on tärkeä rooli proteiinisynteesin säätelyssä ja ne voivat myös toimia entsyymien tapaan biokemiallisten reaktioiden katalyytteinä.



2. Käsitteiden määrittelytehtävät

Biologian ylioppilaskokeessa on usein eri osioista koostuvia tehtäviä, joissa pyydetään selvittämään biologian keskeisiä käsitteitä tai vertailemaan käsitepareja. Nämä tehtävät koostuvat yleensä useammasta osiosta, joita voi olla kahdesta kuuteen. Hyvä vastaus edellyttää käsitteen selvittämistä useammalla kokonaisella lauseella, sillä opiskelijan tulee osoittaa ymmärtäneensä käsitteen merkityksen. Kyseessä on eräänlainen pieni esseevastaus. Määrittelyssä voi käyttää apuna piirrosta. Myös esimerkkejä kannattaa lisätä, ja usein niitä myös vaaditaan maksimipistemäärän saavuttamiseksi.

Ekologiaan liittyviä käsitteitä



Määrittele seuraavat termiparit ja anna niistä esimerkit

- a. autotrofinen eliö – heterotrofinen eliö (2 p)
- b. laji – rotu (2 p)
- c. ekologinen lokero – reviiri. (2 p)

Mallivastaus:

a. Autotrofinen (omavarainen) eliö kykenee itse tuottamaan epäorgaanisista aineista orgaanista sitomalla energiaa foto- tai kemotsynteesissä. Se ei tarvitse valmista ravintoa. Esimerkiksi koivu. Heterotrofinen (toisenvarainen) eliö saa ravintonsa muista eliöistä. Se on suoraan tai epäsuoraan riippuvainen tuottajista. Esimerkiksi hirvi ja maannousmasieni.

b. Laji on luokittelun eli taksonomian perusyksikkö. Samaan lajiin kuuluvat eliöt kykenevät luonnonolosuhteissa lisääntymään keskenään ja tuottamaan lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Esimerkiksi susi. Rotu koostuu saman lajin yksilöistä, jotka poikkeavat selvästi muista saman lajin edustajista tiettyjen ominaisuuksien suhteen. Erirotuiset yksilöt kykenevät risteytymään ja tuottamaan lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Esimerkiksi suomenpystykorva ja suomenajokoira kykenevät risteytymään keskenään.

c. Lajin ekologinen lokero ilmaisee kyseisen lajin aseman ekosysteemissä. Se kuvaa, minkälaiseen elottomaan ja elolliseen ympäristöön laji on sopeutunut. Sopeutuminen ilmenee lajin rakenteessa ja elintoiminnossa. Jokaisella lajilla on oma ekolokeronsa, joka poikkeaa muiden lajien ekolokerosta. Esimerkiksi lapintiira pesii pääasiassa ulkosaaristossa ja kalatiira väli- ja sisäsaaristossa. Reviiri tarkoittaa eläinyksilön tai -populaation aluetta, jota se puolustaa muita saman lajin yksilöitä tai populaatioita vastaan. Se vähentää lajin sisäistä kilpailua ja estää populaatiota kasvamasta liian tiheäksi. Esimerkiksi kirjosiieppokoiras puolustaa omaa reviiriään lisääntymisaikana tai naakkayhdyskunta karkottaa kilpailijat ja pedot yhdessä populaation pesimäreviiriltä.

3. Vertailutehtävät

Vertailutehtäviä on biologian ylioppilaskokeissa säännöllisesti. Ne voivat liittyä kaikkiin biologisiin organisaatiotasoihin molekyyleistä ekosysteemeihin. Tämä tehtävätyyppi edellyttää useimmiten essee-vastausta, mutta toisinaan voidaan vaatia tietojen esittämistä vertailu-
taulukkona. Myös piirroksia voi käyttää tässä tehtävätyypissä.

Vaikka taulukkomuotoisissa vastauksissa ei vaadita kokonaisia lauseita, ei niiden käyttäminen ole kiellettyä. Tärkeintä on vastata riittävän perusteellisesti myös taulukkomuotoisessa vastauksessa.

Tumallisen solun DNA ja RNA



Miten aitotumallisen solun DNA ja RNA eroavat rakenteeltaan ja tehtäviltään, ja missä niiden toiminta tapahtuu? Esitä vertailu lyhyesti vastauspaperillasi mallin mukaisena taulukkona.

	DNA	RNA	
Rakenne			(2 p)
Tehtävät			(2,5 p)
Toimipaikka solussa			(1,5 p)

Mallivastaus:

	DNA	RNA
Rakenne	Nukleotideista koostuva kaksoisjuoste. Nukleotidissa fosfaattiosa, deoksiribosisokeri ja yksi seuraavista emäksistä: adeniini (A), tymiini (T), sytosiini (C) ja guaniini (G).	Nukleotideista koostuva yksinkertainen juoste. Nukleotidin sokerina on riboosi, ja tymiinin (T) paikalla on urasiili (U).
Tehtävät	Perinnöllisen informaation säilyttäminen sukupolvesta toiseen ja sen siirtäminen jälkeläisille. Säilyttäminen ja siirtäminen perustuvat DNA:n kahdentumiseen. Proteiinien rakennusohje.	Lähetti-RNA: DNA:n sisältämän informaation siirtäminen solulimaan. Ribosomaalinen RNA: proteiinisynteesi Siirtäjä-RNA: muuttaa lähetti-RNA:n tuoman informaation aminohappoketjuksi. Jokainen s-RNA tunnistaa yhtä aminohappoa vastaavan emäskolmikon.
Toimipaikka solussa	Tuma, mitokondriot ja viherhiukkaset.	Tuma (l-RNA) ja solulima.

4. Tilastoihin ja diagrammeihin perustuvat tehtävät

Tilastoihin ja diagrammeihin pohjautuvia tehtäviä esiintyy usein biologian ylioppilaskokeessa. Menestyksekkäs vastaaminen edellyttää tarkkaa diagrammien lukutaitoa ja tulkintaa. Diagrammien tulkinnassa pitää osata käyttää biologian kursseilla opittuja asioita, ei pelkästään matematiikassa opittuja taitoja. Nämä tehtävät mittaavat muun muassa opiskelijan taitoja esittää täsmällisiä biologisia käsitteitä ja biologisen tiedon soveltamista. Diagrammeja esiintyy usein muun muassa ekologiaan ja solun aineenvaihduntaan liittyvissä tehtävissä.

A. Tilaston ja diagrammin laatiminen aineiston perusteella

Tilastoaineisto sisältää yleensä jonkin biologisen tutkimuksen tuloksia. Tilastoaineistoa pyydetään joko tulkitsemaan sanallisesti, tai sen perusteella tulee laatia diagrammi. Diagrammin laadinnassa tulee miettiä huolellisesti sopiva esitystapa: diagrammin asteikot, yksiköt ja otsikko. Tilaston tulkinta, biologisen ilmiön tunnistaminen ja perustelut ovat keskeisiä tämäntyyppisessä tehtävässä.



Amylaasi

Amylaasi on tärkkelystä hajottava entsyymi. Kokeessa tutkittiin amylaasin aktiivisuutta eri lämpötiloissa ja saatiin seuraavat tulokset:

lämpötila °C	tärkkelyksen hajoamisaste
7	4,1
17	10,6
27	17,3
37	22,0
47	18,3
57	8,3

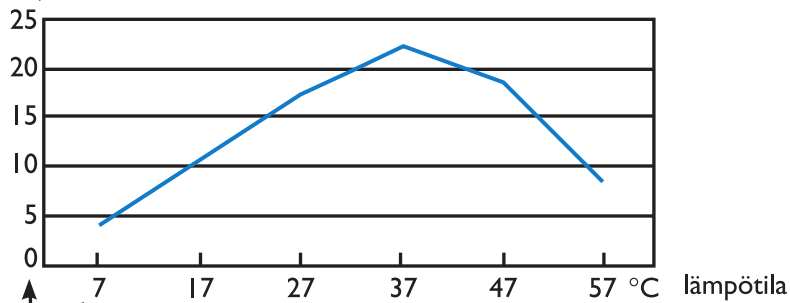
- Laadi annetusta aineistosta diagrammi. (2 p)
- Miten ja miksi entsyymin aktiivisuus riippuu lämpötilasta? (2 p)
- Mitkä muut ympäristötekijät voivat vaikuttaa entsyymien toimintaan ja miten? (2 p)

Mallivastaus:

a.

Amylaasin aktiivisuus eri lämpötiloissa

hajoamisaste



Diagrammilla pitää olla otsikko.

Asteikkojen ja yksiköiden pitää olla järkeviä, jotta kuvaajasta tulee luettava.

Oikea diagrammityyppi: viivadiagrammi, koska muuttuja on jatkuva.

b. Lämpötilan nousu lisää entsyymiaktiivisuutta +37 °C saakka, joka on kyseisen entsyymin optimilämpötila. Optimilämpötilan ylittämisen jälkeen entsyymiaktiivisuus alkaa vähentyä, koska proteiinin rakenne muuttuu korkeissa lämpötiloissa ja substraatti tarttuu huonommin aktiiviseen kohtaan. Lopulta entsyymin toiminta lakkaa kokonaan. Tapahtuu entsyymin denaturoituminen.

c. Entsyymin toimintaan vaikuttaa myös oikea happamuus, esimerkiksi pepsiini toimii hyvin happamassa ympäristössä ja amylaasi pH 7:ssä. Lisäksi inhibiittorit heikentävät entsyymien toimintaa tarttumalla entsyymin aktiiviseen kohtaan tai muuttamalla sen muotoa. Inhibiittoreita ovat esimerkiksi raskasmetallit ja eräät antibiootit.

B.Taulukon tulkinta



Kellosammakko (*Bombina bombina*)

Kellosammakko hävisi Etelä-Ruotsista. Lajin asuin- ja kutulammikot olivat tuhoutuneet laiduntamisen, viljelyalan laajenemisen, veden pilaantumisen ja umpeenkasvun vuoksi. Tilalle tuotiin uutta kantaa Tanskasta. Kellosammakon toukkien eloonjäämistä tutkittiin kuudessa verkkoaltaassa seuraavanlaisilla kasvatuskokeilla.

- Päättele aineiston perusteella, miten lajien väliset suhteet vaikuttivat kellosammakon toukkien eloonjäämiseen eri koejärjestelyissä. (3 p)
- Miksi uutta kantaa tuotiin Tanskasta eikä esimerkiksi Itävallasta, missä laji on runsaampi? (1 p)
- Millä toimenpiteillä kellosammakon siirtoistutusten onnistumista voidaan edistää? (2 p)

	verkkoaltaat					
Verkkoaltaiden sisältö	1	2	3	4	5	6
kellosammakon toukkia (kpl)	30	30	30	30	25	25
muiden sammakolajien toukkia (kpl)					25	25
Petohyönteisiä (kpl):						
malluaisia		5				5
sudenkorentojen toukkia			10			5
suursukeltajan toukkia				1		
Kellosammakon toukkia elossa ennen muodonvaihdosta (%)	100	87	83	40	32	4

Saalistus

Kilpailu

Saalistuksen ja kilpailun yhteisvaikutus

Mallivastaus:

a. Lajenvälinen kilpailu kellosammakon ja muiden sammakolajien kesken vähentää kellosammakon toukkien määrää ja eloonjäämisprosenttia. Saalistus on toinen syy kellosammakoiden määrän vähenemiseen. Petohyönteisten vaikutus toukkien eloonjäämiseen vaihtelee kuitenkin lajikohtaisesti. Tehokkain saalistaja on suursukeltajan toukka. Malluaisten ja sudenkorennon toukkien vaikutus kellosammakoiden määrään on lähes sama. Lajien välisen kilpailun ja saalistajien yhteisvaikutus vähensi kaikkein eniten kellosammakon toukkien määrää.

b. Itävallan kello sammakot ovat sopeutuneet erilaisiin ympäristöolosuhteisiin, ja ne poikkeavat perinnöllisesti mitä ilmeisimmin Etelä-Ruotsista hävinneistä kello sammakoista. Tanskan kannan voidaan olettaa olevan lähempänä Etelä-Ruotsin alkuperäistä kantaa, ja istutusten onnistuminen on todennäköisempää.

c. Asuinlammikot on ennen siirtoistutuksia kunnostettava. Kasvillisuutta on poistettava, karjan laiduntamisen ja viljelyn vaikutusta vähennettävä ja veden laatua parannettava. Istutettavien toukkien eloonjäämistä voidaan parantaa estämällä sammakkolajien välinen kilpailu ja petohyönteisten vaikutus. Toukat voidaan kasvattaa muualla ja siirtää ne vasta muodonvaihdon jälkeen asuinlammikkoonsa tai ne voidaan eristää kunnostetussa asuinlammikossa aluksi verkkoaltaisiin.

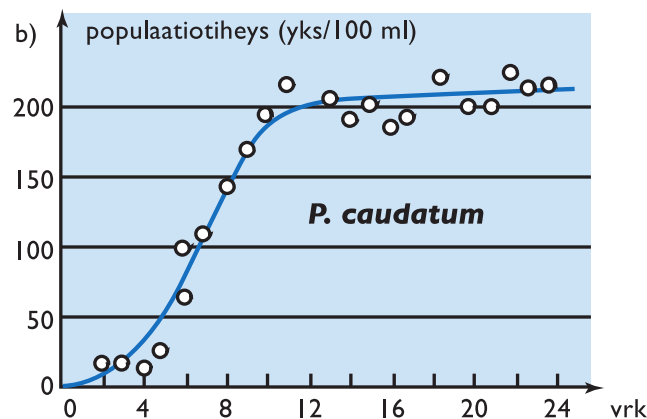
C.Valmiin diagrammin tulkinta

Selvitä, mitä diagrammi kuvaa ja mihin ilmiöön se liittyy.

Tohvelieläimen populaatio

Oheinen diagrammi kuvaa erään tohvelieläimen populaation kasvua tietyssä aikana.

- Kuvaa populaation tiheyden muutoksia kasvatuksen aikana.
- Selitä, mistä tiheyden muutokset johtuvat.



a. Etene diagrammin tulkinnessa johdonmukaisesti ja käytä täsmällisiä yksiköitä:

Kuvaajasta on tunnistettavissa logistista kasvua kuvaava käyrä. Populaation kasvu on mahdollista jakaa neljään vaiheeseen: 1. hitaan kasvun vaihe: pari ensimmäistä vuorokautta, populaation koko kasvaa noin 20 yksilöön. 2. eksponentiaalisen kasvun vaihe: kahdesta yhdeksänteen vuorokauteen, populaation yksilömäärä kasvaa noin

20 yksilöstä 175 yksilöön. 3. hidastuvan kasvun vaihe: kymmenenstä vuorokaudesta kahdenteentoista vuorokauteen, populaation kasvaa hieman yli 200 yksilöön. 4. populaation kasvu on pysähtynyt: 12 vuorokaudesta eteenpäin populaatio pysyttelee noin 200 yksilön kokoisena.

b. Kun olet tulkinnut diagrammia, anna biologinen selitys:

Aluksi populaation kasvu on hidasta, koska perustajayksilöiden määrä on pieni. Populaatio alkaa kuitenkin kasvaa erittäin nopeasti, koska syntyvyys on suurta ja kuolleisuus on pientä. Tämä johtuu siitä, että ympäristöresursseja, tilaa ja ravintoa, on runsaasti tarjolla. Populaation tiheyden lisääntyessä voimistuu syntyvyyttä vähentävien ja kuolleisuutta lisäävien tekijöiden vaikutus. Puhutaan ympäristön vastuksesta. Kun populaatio saavuttaa ympäristön kantokyvyn, joka on suurin mahdollinen yksilömäärä kyseisellä alueella (tässä tapauksessa kasvatusaltaassa), populaation yksilömäärä ei enää muutu. Tämä kuitenkin edellyttää sitä, että ympäristöolosuhteet pysyvät vakaina.

5. Tehtävien kuvat ja piirrokset

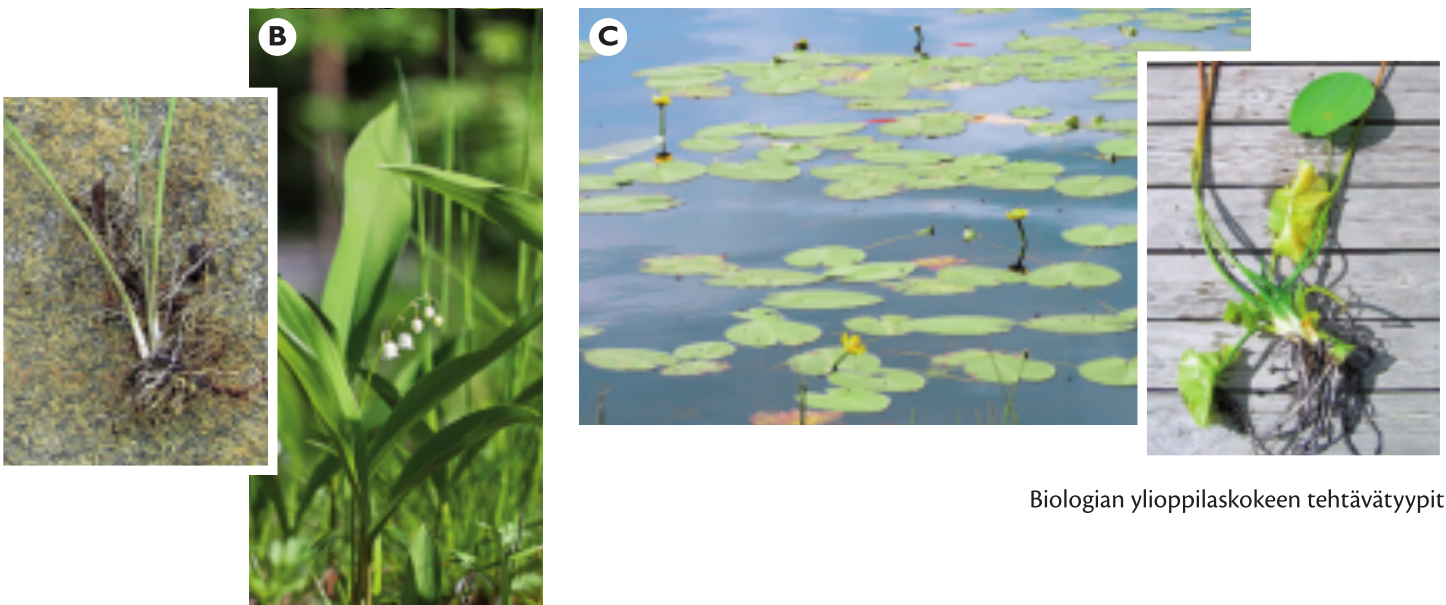
A. Kuvien tulkinta

Aloita kuvien tulkinta tunnistamalla, mikä eliö, rakenne tai toiminto on kyseessä. Esimerkiksi mikroskooppikuvia pystyy tulkitsemaan ainoastaan silloin, kun tietää, mitä kuvasta etsii. Kuvan tunnistamisen ja tulkinnan jälkeen tulee kertoa, mihin biologiseen ilmiöön kuva liittyy. Käytä perusteluissa oikeita ja täsmällisiä käsitteitä. Jotkut tehtävät edellyttävät myös lajiston tuntemista. Jos ei tunne lajin nimeä, voi antaa lajiryhmän nimen.

Kasvilajit

Kuvissa on kolme erilaisissa ympäristöissä kasvavaa kasvia.

- Nimeä lajit.
- Miten näiden lajien rakenteessa ilmenee sopeutuminen yhteyttämiseen erilaisissa kasvupaikoissa?



Mallivastaus:

a. A. kanerva, B. kielo ja C. ulpukka.

b. Kanerva on valoisilla, kuivilla ja vähäravinteisilla kasvupaikoilla kasvava varpu. Sillä on liiallisen haihtumisen estämiseksi pienet ja vahapintaiset lehdet. Koska kanervan kasvupaikalla on vähän ravinteita ja vettä, sen yhteyttäminen ei ole kovin tehokasta. Puuvarsi talvehtii, eikä kasvin tarvitse käyttää joka vuosi energiaa version kasvatamiseen.

Kielo on rehevissä kasvupaikoissa (lehdot ja lehtomaiset tuoreet kankaat) kasvava ruohovartinen kasvi. Kielon kasvupaikoilla on runsaasti kosteutta ja suhteellisen paljon ravinteita, mutta vähän valoa kesäisin. Suurten ohuiden lehtien avulla kasvi onnistuu keräämään tehokkaasti valoa. Vaikka suuret lehdet haihduttavat runsaasti vettä, siitä ei yleensä ole puutetta kielon kasvupaikoilla. Kielolla on vahva maavarsi, johon se varastoi runsaasti yhteyttämistuotteita ja kasvattaa tämän varastoenergian avulla uuden version joka vuosi.

Ulpukka on rehevien humuspitoisten ja sameiden vesistöjen tyyppillinen kelluslehtinen kasvi. Sen paksut vahapintaiset lehdet kelluvat pitkien lehtiruotien päässä. Kelluvat lehdet mahdollistavat tehokkaan valon saannin, ja taipuisien lehtiruotien avulla kasvi on sopeutunut vedenpinnan korkeuden vaihteluihin. Yhteyttämisessä tarvittavan hiilidioksidin ja maavarren hapen saannin kasvi turvaa lehtien yläpinnalla olevilla ilmaraoilla. Koska ulpukka yhteyttää tehokkaasti, se kykenee keräämään runsaasti yhteyttämistuotteita suureen maavarreensa. Maavarresta kasvaa nopeasti uusia lehtiä seuraavana kasvukautena.

B. Piirrokset osana vastausta

Monet biologiset rakenteet ja ilmiöt ovat kohtalaisen monimutkaisia kuvata vain sanallisesti. Usein parempaan tulokseen pääsee, kun vastaukseen liittyy oman piirroksen, vaikka sitä ei tehtävänannossa vaadittaisikaan. Sijoita piirros tekstin lomaan asiayhteyteen ja viittaa siihen tekstissä.

Bakteerien rakenne ja käyttö elintarviketeollisuudessa**k-00**

a. Selosta esimerkein bakteerien käyttöä

elintarvikkeiden valmistuksessa.

(3 p)

b. Piirrä kaavakuva bakteerista ja merkitse piirrokseen sen tärkeimmät rakenneosat.

(3 p)

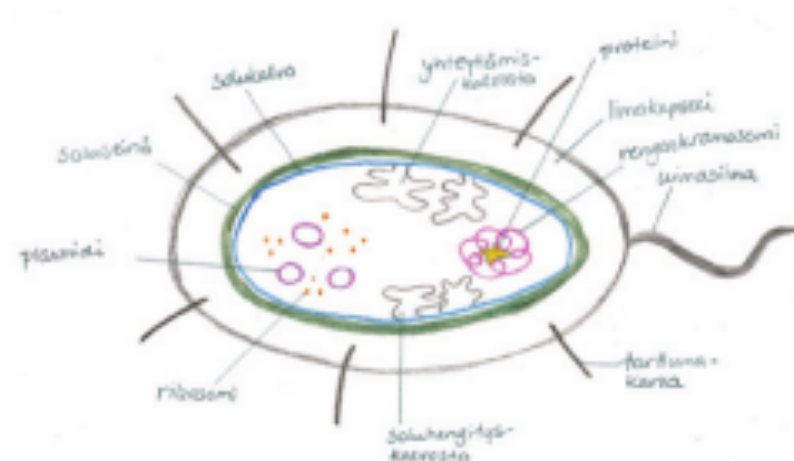
Mallivastaus:

a. Monien elintarvikkeiden valmistus perustuu bakteerien aineenvaihduntaan. Bakteerien avulla saadaan valmistettua useita tuotteita. Elin-
tarvikkeista pyritään myös saamaan entistä maukkaampia, rakenteel-
taan käyttötarkoitukseensa sopivampia, säilyvämpiä ja terveellisempiä
monin bakteereihin perustuvien bioteknologisten keinoin.

Meijeriteollisuudessa piimän viilin, jogurtin ja juuston valmistus
perustuu maidon sisältämän maitosokerin eli laktoosin käymiseen
maitohapoksi maitohappobakteerien avulla. Ne happamoittavat mai-
don ja siten vaikuttavat tuotteen kypsymiseen, makuun, rakenteeseen
ja säilyvyyteen. Juustojen tuottamiseksi pastöroituun maitoon lisätään
maitohappobakteereja sekä juoksutinta (entsyymi, joka saostaa mai-
don kaseiinin) halutun juustolaadun mukaisesti. Hapate ja baktee-
rien tuottama maitohappo saostavat juustomassan erilleen paljon vettä
sisältävästä herasta. Kypsytyksessä (säilytys kullekin juustolaadulle
sopivissa olosuhteissa) juusto saa luonteenomaisen makunsa.

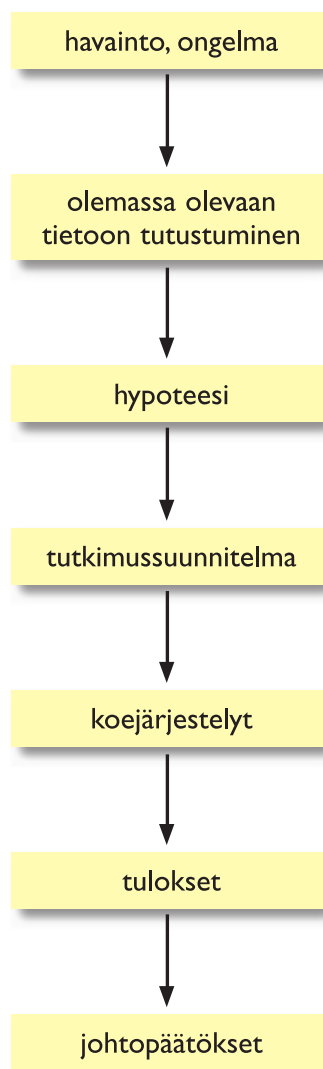
Maitohappobakteerien avulla valmistetaan myös hyvin säilyviä elin-
tarvikkeita kasviksista. Esimerkiksi venäläiset suolakurkut ja hapan-
kaali valmistetaan tällä tavalla. Myös etikan valmistuksessa käytetään
bakteereita. Etikkahappobakteerit tuottavat etanolista aerobisissa olo-
suhteissa etikkaa. Bakteereja käytetään monien elintarviketeollisuuden
tarvitsemien entsyymien tuottamisessa. Yhdistelmä DNA-tekniikalla
siirretään haluttua entsyymiä koodaava geeni bakteeriin ja siirtogee-
nisiä bakteereita kasvatetaan suuria määriä bioreaktorissa. Tämän jäl-
keen bakteerimassasta puhdistetaan ja otetaan talteen entsyymi.

b.



6. Tutkimusten ja tutkimusmenetelmien selvittäminen

Biologisen tutkimuksen vaiheet



Tehtävissä voidaan esittää tutkimustuloksia tai tehtävänannossa vaaditaan tutkimussuunnitelman tekemistä. Hyvään tutkimukseen kuuluu tutkimusongelman muotoilu, tutkittavaan asiaan liittyvään kirjallisuuden tutustuminen, hypoteesin laadinta, koejärjestelyjen ja tutkimussuunnitelman tekeminen, selvitys, miten tutkimukset ja kokeet on tehty ja miten havainnot ja tulokset on kirjattu. Vastauksesta pitää selvittää, miten tutkimustulokset on tuotettu, samoin niiden tulkinta ja johtopäätökset tutkimuksesta.

Happamoituminen



Saat tehtäväksesi selvittää, johtuvatko ympäristössä havaitut muutokset happamoitumisesta. Millaisin menetelmin tutkisit happamoitumista

- metsissä
- järvissä

Mallivastaus:

Tässä tehtävässä painopiste on tutkimusmenetelmissä, ei itse happamoitumisilmiössä. Happamoituminen, sen syyt ja ilmiön yleiset vaikutukset ekosysteemisissä kannattaa käsitellä lyhyesti vastauksen johdannossa.

Tutkimusmenetelmät:

a. Metsissä

- Silmämääräiset havainnot, kuten havupuiden harsuuntuminen ja harsuuntumisaste, kuolleiden puiden määrä, neulasten laatu ja väri, jäkälien määrä ja jäkälälajisto.
- Näytteiden keruu jatkotutkimuksia varten. Neulas- ja kasvinäytteet, karike- ja maaperänäytteet, sienet ja selkärangattomat eläimet. Lajien tunnistus ja niiden kunto, myös tutkiminen mikroskoopilla.
- Kemialliset analyysit, pH, raskasmetallit.

b. Vesissä

- Havainnot tutkimuspaikalla: veden väri, kirkkaus/sameus ja haju, näkösyvyys, kasvillisuuden määrä ja laatu.
- Järven kalalajit, määrä, ikärakenne, muutokset, koekalastus ja kalastajien haastattelut.
- Eläinnäytteiden keruu (kalat, selkärangattomat, kalkkikuoriset ravut ja simpukat).
- Vesi-, plankton- ja kasvinäytteiden otto.
- Kemialliset analyysit, veden pH ja humuksen määrä, raskasmetallit jne.

Vastauksessa kannattaa verrata tutkimustuloksia kohteen aikaisempaan tilanteeseen ja tutkimustietoon vastaavan ekosysteemin normaalitilanteesta.

7. Risteytystehtävien ratkaiseminen

Perinnöllisyystieteen tehtävänä on usein soveltava, ns. risteytystehtävä, jossa tarkastellaan esimerkiksi jonkin ominaisuuden ilmenemistä tai sairauksien periytymistä. Näissä tehtävissä edellytetään periytymisen periaatteiden hallintaa.

Vastauksessa tarvittavat risteytyskaaviot on laadittava loogisesti ja huolellisesti. Kiitettävä pistemäärä edellyttää kaavioilla esitetyn ratkaisun lisäksi myös sanallista selitystä. Perinnöllisyystieteen tehtävään voi risteytyksen ohella kuulua myös aiheeseen liittyvä esseevastausta edellyttävä pohdintaosa. Varsinainen risteytystehtävä voi olla esimerkiksi neljän pisteen ja esseevastaus kahden pisteen arvoinen. Erilaisten risteytystehtävien vastausohjeita on selitetty tarkemmin kirjan luvun 8 tehtävien yhteydessä.

Oppiainerajat ylittävät tehtävät

Biologian tehtäväsarjassa on usein integroivia, oppiainerajat ylittäviä tehtäviä. Maksimipisteet oppiainerajoja ylittävissä tehtävissä edellyttävät tietoja myös toisista oppiaineista, biologian tehtävissä useimmin terveystiedosta, kemiasta tai maantieteestä. Oppiainerajat ylittävissä tehtävissä pyritään jo tehtävänannossa ilmaisemaan, minkä muun aineen näkökulmasta tehtävää pitäisi myös käsitellä. Kysymykset perustuvat yleensä muiden oppiaineiden pakollisten kurssien aihepiireihin. Tehtävissä voidaan antaa ohjeita näkökulman valintaan.

A. Terveystietoon integroituvat tehtävät

Terveystieto on monitieteinen oppiaine, jonka tarkoitus on edistää terveyttä, hyvinvointia ja turvallisuutta tukevaa osaamista. Pakollisen kurssin (TE1) aikana perehdytään terveyteen ja sairauksiin vaikuttaviin tekijöihin. Monet käsiteltävät aihealueet sivuavat BI4-kurssilla käsiteltyjä aihekokonaisuuksia. Terveyttä tarkastellaan sekä yksilön että yhteiskunnan näkökulmasta. Terveys ymmärretään fyysisenä, psyykkisenä sekä sosiaalisena työ- ja toimintakykynä.

Tee selkoa virusten rakenteesta ja lisääntymisestä.
Tarkastele virusten merkitystä ihmisen kannalta.

Mallivastaus:

Virusta ei luokitella eliöksi, koska sillä ei ole itsenäistä aineenvaihduntaa eikä solurakennetta. Se on kooltaan huomattavasti pienempi kuin bakteerit ja tumalliset solut. Virus on rakenteeltaan yksinkertainen. Sitä ympäröi proteiinikuori, jonka sisällä on perintöaines. Viruksen perintöaines on joko yksi tai kaksijuosteista DNA:ta tai RNA:ta. Proteiinikuoren ympärillä on usein isäntäsolusta peräisin oleva vaippa, joka on muodostunut fosfolipideistä ja pintaproteiineista. Bakteriofageissa on lisäksi häntä ja häntäsäikeitä. Viruksia tunnetaan tuhansia erilaisia, ja ne poikkeavat toisistaan muodoltaan. Virukset ovat solujen loisia. Ne lisääntyvät vain elävissä soluissa valjastamalla ne tuottamaan uusia viruksia.

Lisääntyminen alkaa tunkeutumisella isäntäsolun solukalvon läpi. Tätä seuraa perintöaineksen monistuminen. (RNA-virusten tulee muuttaa RNA:nsa käänteiskopioijaentsyymien avulla DNA:ksi.). Tämän jälkeen isäntäsolu alkaa tuottaa uusia virusproteiineja, joista kootaan suuri määrä uusia viruksia. Valmiit virukset eritetään isäntäsolusta tai ne vapautuvat isäntäsolun hajotessa. Uudet virukset ovat valmiita infektoimaan uusia soluja. Jokainen virus on erikoistunut loisimaan vain tietyn tyyppisissä soluissa.

Virukset aiheuttavat ihmiselle lukuisia tauteja. Yleisimpiä virus-tauteja ovat influenssat, joiden oireina on nuhakuume. Mutaatioiden ja perintöaineksen uudelleen järjestäytymisen (rekombinaatio) kautta syntyy uusia influenssavirustyyppisiä, jotka aiheuttavat vuosittain uusia epidemioita. Toinen hyvin haitallinen virus on HI-virus. Se aiheuttaa immuunikadon (AIDS). Tartunnan aiheuttavat vereen päässeet HI-virukset, jotka loisivat T-auttajasoluissa. Sairastuneiden määrä maailmassa on jatkuvasti kasvussa, etenkin Afrikan maissa. Muita maailmanlaajuisesti tuhoisia viruksia ovat polio-, ebola- ja hepatiittivirukset sekä lasten ripulia aiheuttavat rotavirus ja norovirus. Eläinperäisiä viruksia ovat esimerkiksi puutiaisen levittämä aivokuume, Kumlingen tauti.

Useita viruksia vastaan on kehitetty rokotteita. Rokotteessa elimistöön ruiskutetaan heikennettyjä viruksia tai niiden osia, jotka käynnistävät elimistön puolustusjärjestelmän. Kun sama taudinaiheuttaja tulee uudelleen elimistöön, elimistössä on valmiina muistisoluja, jotka käynnistävät nopean puolustusreaktion, joka tuhoaa tunkeutujat. Virustautien torjunnassa käytetään myös viruslääkkeitä, kuten interferoneja.

Virukset voivat aiheuttaa haittaa myös maataloudessa tuhoamalla tuotantoeläimiä ja -kasveja. Kasvivirukset voivat tuhota satoja ja eläinvirukset voivat tappaa tuotantoeläimiä. Viruksia voidaan myös käyttää tuholaisten torjunnassa.

Bioteknologiassa viruksista on hyötyä. Virusten avulla voidaan siirtää geenejä tumallisiin soluihin kasvatusmaljalla ja jopa elävässä eliössä. Virusten käyttöä kuljettimina eli vektoreina on käytetty mm. geeniterapiaan perustuvassa syövän hoidossa (hoitomenetelmät ovat vasta tutkimusasteella). RNA-virusten käänteiskopioijaentsyymiä käytetään, kun halutaan kopioida RNA:n emäsjärjestys vastin-DNA:ksi.

B. Maantieteeseen integroituvat tehtävät

Maantieteelle on tyypillistä erilaisten asioiden ja ilmiöiden alueellinen käsittely. Lisäksi tässä oppiaineessa korostuu voimakkaasti ihmisen ja luonnon välinen vuorovaikutus. Biologia ja maantiede integroituvat erityisesti ekologian ja ympäristöekologian aihepiireissä. Ekosysteemin abioottisia tekijöitä: veden kiertokulkua, lämpöä, valaistusta, maaperää ja maannosta käsitellään GE1-kurssilla. Myös maapallon biomit käsitellään tällä kurssilla. GE2-kurssilla käsitellään ihmisen ja luonnon välisiä suhteita, ympäristökysymyksiä ja kestävää kehitystä.

Maantieteessä etsitään yleensä vastauksia kysymyksiin missä ja miksi. Esimerkiksi jonkin lajin levinneisyyttä kuvataan ilmansuuntien ja sijainnin mukaan. Maantieteellisiä selityksiä lajien levinneisyydelle ovat muun muassa ilmasto, maaperä ja pinnanmuodot. Biologia tutkii asiaa eri näkökulmasta, ja silloin käytetään esimerkiksi käsitteitä sopeutuminen, ekolokero, sopeutumisleikkäytyminen ja isolaatio.

Öljy

Öljy ympäristöongelmana



Mallivastaus:

Öljy on eniten käytetty polttoaine maapallolla. Tätä fossiilista polttoainetta kuluu suunnattomia määriä energiantuotannossa, teollisuudessa ja liikenteessä. Öljy kuuluu pahimpiin ihmisen toimien takia leviäviin ympäristömyrkkyihin. Suurimmat tuotantoalueet sijaitsevat Lähi-idässä, Venäjällä ja Pohjois-Amerikassa. Monilla öljyä runsaasti käytävillä alueilla, kuten Japanissa tai useimmissa EU-maissa, ei ole öljyesiintymiä, joten raakaöljyä joudutaan kuljettamaan suurilla tankkereilla tai putkia pitkin tuotantoalueilta kulutusalueille. Kuljetukset lisäävät öljyn aiheuttamia ympäristöriskejä.

Öljy on meriekosysteemien pahimpia uhkaajia. Meriin öljyä pääsee karille ajaneista öljytankkereista, laivojen pilssivesistä ja öljynporauslautoilta. Myös joet kuljettavat valuma-alueiltaan runsaasti jäteöljyä meriin. Öljy aiheuttaa monenlaista tuhoa merissä. Öljyn myrkylliset ja rasvaliukoiset aineet, kuten PAH-yhdisteet, saavat aikaan häiriöitä solujen toiminnassa aiheuttaen solu- ja kudosuutoksia, jotka voivat aiheuttaa syöpää. Öljyä tarttuu lisäksi vedessä uiviin lintuihin ja nisäkäisiin, joiden turkki ja höyhenpeite eivät enää toimi eristeenä, ja eläimet kuolevat kylmyyteen. Koska öljy estää planktonia lisääntymästä, suuret päästöt kesäaikana voivat romahduttaa ravintoketjuja. Myös pohjaeläimiä häviää ja kalojen kutupaikkoja tuhoutuu öljyonnettomuuksien yhteydessä.

Veden pinnalta ja rannoilta öljy haihtuu vähitellen, mutta ekosysteemin toipuminen vie useita vuosia tai vuosikymmeniä. Esim. arktiset merialueet ja Itämeri ovat öljytuhoille herkkiä alueita, joiden toipuminen saattaa kestää kauan. Öljyn torjunnassa käytetään leviämistä estäviä puomeja ja öljyn keräystä talteen.

Huoltoasemilta, korjaamoilta, kaatopaikoilta, öljyputkista ja -säiliöistä maahan valunut öljy saastuttaa maaperää paikallisesti. Maaperäeläimistö ja paikan kasvisto köyhtyvät. Öljyputket ovat ympäristöriski. Öljy on fossiilinen polttoaine, jota käytetään mm. lämmityksessä, jolloin siitä muodostuu hiilidioksidia (kasvihuonekaasu) ja rikkiyhdisteitä. Lisääntynyt hiilidioksidi lisää kasvihuoneilmiötä, minkä johdosta ilmaston lämpeneminen nopeutuu. Rikkidioksidi puolestaan aiheuttaa happamia kuiva- ja märkälasseumia. Happamat laskeumat vaurioittavat havupuiden neulasia, happamoittavat maaperää ja tuhoavat maaperän hajottajia. Niiden seurauksena puiden kasvu heikkenee ja puut altistuvat monille sienisairauksille ja pakkasvaurioille. Happamoituminen köyhdyttää metsäekosysteemien lajistoa mm. estämällä monien herkkien jäkälien kasvua.

A microscopic image of plant cells, likely onion skin cells, showing a grid-like pattern of cells with prominent cell walls and nuclei. The cells are stained, with nuclei appearing dark and cytoplasm showing some internal structure.

OSA 2

LUKION BIOLOGIAN KURSSIT 1–5

- Jakso 1 Solut ja eliöt
- Jakso 2 Perinnöllisyys ja evoluutio
- Jakso 3 Ekologia ja ympäristöekologia
- Jakso 4 Ihmisen biologia
- Jakso 5 Bioteknologia

3 Eliökunnan luokittelu



Suomessa esiintyvällä ilveksellä on kolme sukulaislajia: kanadanilves, pantteri-ilves ja punailves. Samaan lajiin kuuluvat yksilöt voivat lisääntyä keskenään, ja niiden jälkeläiset ovat lisääntymiskykyisiä. Maailmasta löydetään jatkuvasti uusia lajeja, ja niiden sijoittamisessa eliökunnan sukupuuhun käytetään useita keinoja. Näitä keinoja ovat DNA:n, proteiinien, anatomisten rakenteiden, käyttäytymisen, yksilönkehityksen ja kromosomien vertailu.

Biologia on oppi elämästä

Elämän organisaatiotasot

Organisaatiotaso
atomi
molekyyli
makromolekyyli
soluelin
solu
kudos/solukko
elin
elimistö
yksilö
populaatio
eliöyhteisö

Biologia tutkii elämää sen eri organisaatiotasolla. Elämälle ja kaikille eliöille yhteisiä piirteitä ovat järjestyneisyys, samankaltaiset kemialliset ominaisuudet, informaation sisältäminen ja hyödyntäminen, lisääntyminen, elämänkaari, itsesäätelykyky, aineenvaihdunta ja evoluutio.

Elämän esiintymiselle välttämättömiä tekijöitä ovat valo, lämpö ja nestemäisessä muodossa oleva vesi. Elämän esiintymistä rajoittavat myös paine, happamuus ja suolapitoisuus.

Biologia on kokeellinen luonnontiede. Biologisen tutkimuksen vaiheisiin kuuluvat: 1) havainto tai ongelma, 2) olemassa olevaan tietoon tutustuminen, 3) hypoteesin muodostus, 4) tutkimuksen suunnittelu ja toteuttaminen, 5) tiedon keruu, 6) tiedon käsittely ja hypoteesin testaus, 7) johtopäätösten teko ja hypoteesin hyväksyminen tai hylkääminen ja 8) tiedon julkaiseminen.

Eliöt jaetaan kuuteen kuntaan

Eliöiden tieteellisessä luokittelujärjestelmässä on seitsemän tasoa

Kunta: eläimet

Pääjakso:

selkäjänteiset

alajakso:

selkärangaiset

Luokka: nisäkkäät

Lahko: petoeläimet

Heimo: kissaeläimet

Suku: ilvekset (*Lynx*)

Laji: ilves (*Lynx lynx*)

Kunta: kasvi

Kaari: siemenkasvit

Luokka: kaksisirkkaiset

Lahko:

mykerökukkaismaiset

Heimo: asterikasvit

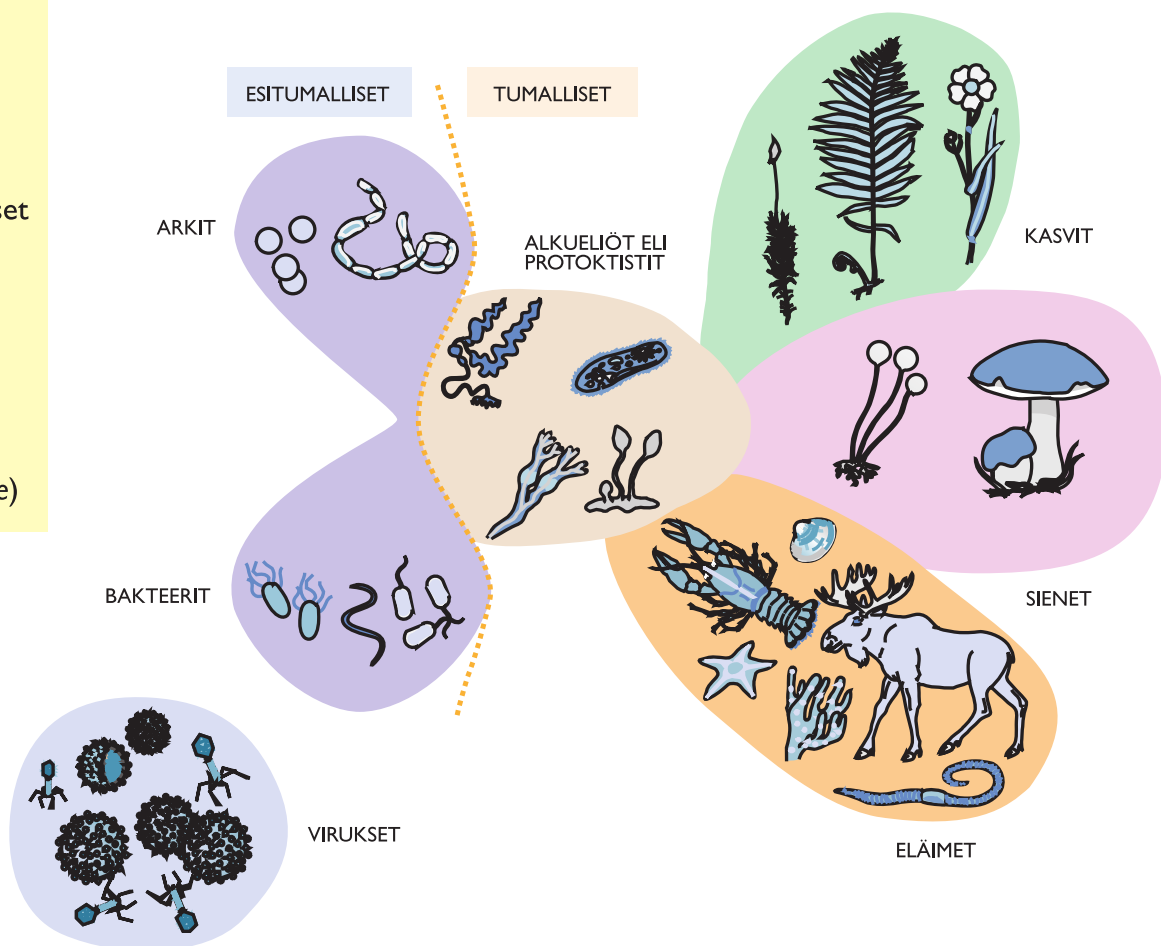
Suku: päivänkakkarat (*Leucanthemum*)

Laji: päivänkakkara (*Leucanthemum vulgare*)

Luokittelun avulla voidaan jäsentää eliökunnan valtavaa monimuotoisuutta. Luokittelu perustuu eliöiden sukulaisuussuhteisiin, ja se on hierarkkinen. Luokittelua täydennetään ja muokataan jatkuvasti uusien tutkimustulosten perusteella.

Ylin luokitteluyksikkö on kunta, joita on kuusi: bakteerit, arkit, alkueliöt, kasvit, sienet ja eläimet. Kasvien ja sienien kunnat jaetaan edelleen kaariin ja eläinten kunta pääjaksoihin.

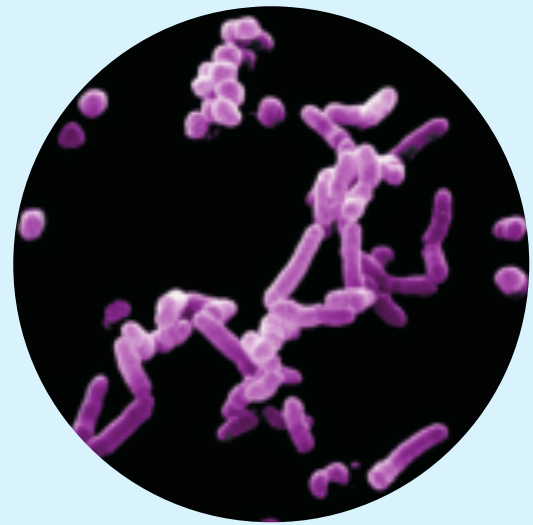
Eliömaailman kuusi kuntaa



Kuntien tyypilliset piirteet

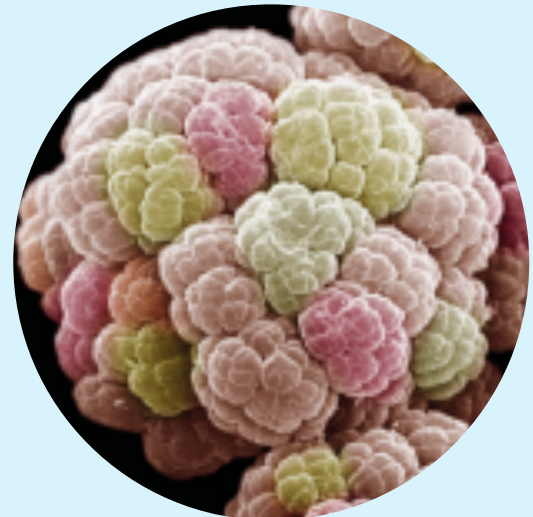
1. Bakteerit

- yksisoluisia
- esitumallisia
- maapallon vanhimpia eliöitä
- yksi rengasmaisen kromosomi ja usein DNA:ta myös plasmidirenkaissa
- perimältään haploidisia (jokaista geeniä yksi kappale)
- solulimakalvosto ja kalvolliset soluelimet puuttuvat
- soluhengitys soluhengityskalvostossa ja fotosynteesi yhteyttämiskalvostossa
- soluseinä mureiinia, joillakin lisäksi soluseinän ulkopuolella limakapseli
- muodon perusteella jaetaan kokkeihin, basilleihin, vibrioihin ja spirokeettoihin
- lisääntyvät suvuttomasti jakautumalla
- muuntelua tuottavat geenimutaatiot ja rekombinaatio (transformaatio, konjugaatio ja transduktio)
- sekä omavaraisia eli autotrofeja että toisenvaraisia eli heterotrofeja lajeja
- yhteyttäminen: foto- ja kemosynteesi
- hajottajia, symbiontteja, mädättäjiä, taudinaiheuttajia



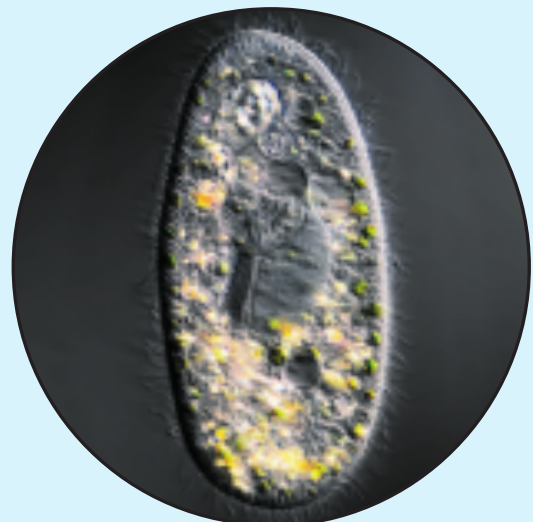
2. Arkit

- yksisoluisia
- esitumallisia
- maapallon vanhimpia eliöitä
- levittäytyneet kaikkialle maapallolla
- useat lajit selviytyvät ääriolosuhteissa (esim. kuumat lähteet, suolajärvet)
- sekä omavaraisia että toisenvaraisia lajeja
- omavaraiset yhteyttävät kemosynteesin avulla
- lisääntyvät suvuttomasti jakautumalla
- geenien rakenne ja toiminta sekä proteiinisynteesi ja soluseinän rakenne lähempänä tumallisia eliöitä kuin bakteereja



3. Alkueliöt

- yksi- tai monisoluisia
- alkueläimet, levät ja limasienet
- tumallisia
- levät omavaraisia, alkueläimet ja limasienet toisenvaraisia
- lisääntyvät suvuttomasti ja suvullisesti
- suurin osa alkueläimistä tauteja aiheuttavia loisia (esim. malarialoisio)



4. Sienet

- yksi- tai monisoluisia
- tumallisia
- soluseinä tavallisesti kitiiniä
- toisenvaraisia
- suurin osa mikrosieniä (homeet ja hiivat)
- monisoluihin sieni koostuu sienirihmastosta, joka voi suotuisissa oloissa tuottaa itiöemän
- lisääntyvät suvullisesti ja suvuttomasti itiöiden avulla
- hajottajia, loisia tai symbiontteja (esimerkiksi mykorritsa eli sienijuuri)
- levän ja sienen mutualistinen suhde on jäkälä



5. Kasvit

- monisoluisia
- tumallisia
- soluseinä selluloosaa
- omavaraisia (fotosynteesi viherhiukkasissa)
- loiskasvit toisenvaraisia
- sammalet ja sanikkaiset kuuluvat itiökasveihin
- siemenkasvit jaetaan paljas- ja koppisiemenisiin
- putkilokasveihin kuuluvilla sanikkaisilla ja siemenkasveilla johtosolukko aineiden kuljetusta varten
- siemenkasvit lisääntyvät suvullisesti ja suvuttomasti, sammalille ja sanikkaisille on tyypillistä sukupolvenvuorottelu
- elintoimintoja säätelevät kasvihormonit, ei hermostoa



6. Eläimet

- monisoluisia
- tumallisia
- toisenvaraisia
- soluissa ei soluseinää
- elintoimintoja säätelevät hormonit ja hermosto
- saavat tietoa elinympäristöstä aistien avulla
- lisääntyvät pääasiassa suvullisesti
- luokitellaan yli 30 pääjaksoon, joita ovat muun muassa: sienieläimet, polttiaiseläimet, laakamadot, nilviäiset, nivelmadot, niveljalkaiset, piikkinahkaiset ja selkäjänteiset
- selkäjänteisiin kuuluvia selkärankaisia ovat ympyräsuiset, rustokalal, luukalat, sammakkoeläimet, matelijat, linnut ja nisäkkäät

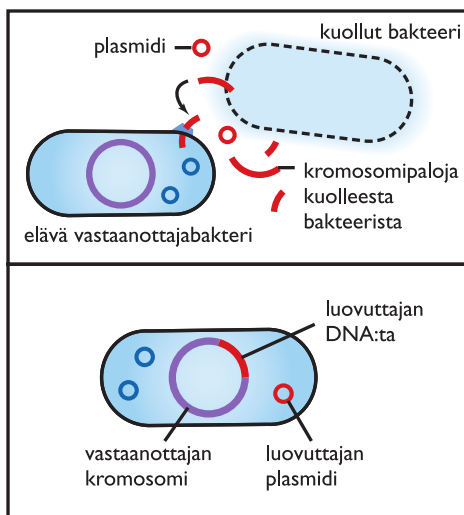


Mikrobit ovat mikroskooppisen pieniä eliöitä

Käsite mikrobi on yleisnimitys kaikille mikroskooppisen pienille eliöille. Mikrobeihin kuuluvat bakteerit ja arkit, alkueliöiden kunnasta alkueläimet ja yksisoluiset levät sekä sienten kunnasta hiiva- ja home-sienet. Lisäksi virukset luokitellaan mikrobeiksi.

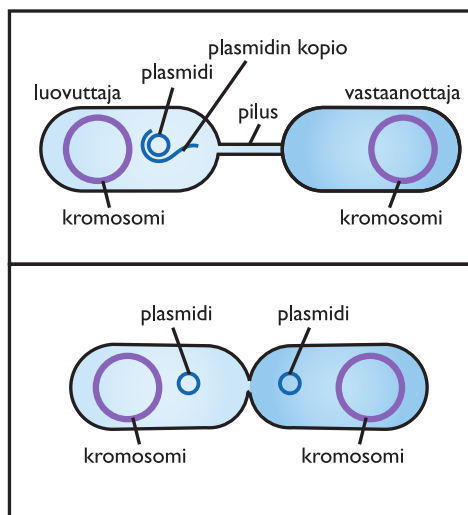
Virusten ja bakteerien evoluutio on nopeaa, koska geenimutaatioiden ja rekombinaation tuloksena niissä tapahtuu runsaasti perinnöllistä muuntelua. Resessiivisetkin geenimutaatiot ilmenevät heti, koska sekä virukset että bakteerit ovat perimältään haploidisia.

Bakteerien rekombinaatiotavat



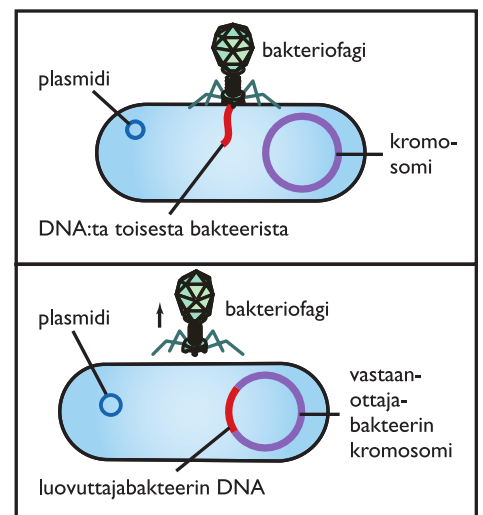
1. Bakteeri saa geenejä kuolleelta bakteerilta (transformaatio)

Kun bakteeri kuolee, sen soluseinä ja solukalvo hajoavat ja perintöaines vapautuu ympäristöön. Elävät bakteerit voivat ottaa sisäänsä kuolleista bakteereista vapautuneita kokonaisia plasmideja tai kromosomin osia, jotka ne liittävät osaksi omaa perimäänsä. Tätä hyödynnetään bioteknologiassa.



2. Bakteeri saa geenejä toiselta elävältä bakteerilta (konjugaatio)

Kaksi bakteeria voi kiinnittyä toisiinsa hetkeksi ja siirtää perintöainesta niiden välillä olevan ulokkeen, piluksen, kautta. Konjugaatiossa toinen bakteerista toimii perintöaineksen luovuttajana ja toinen vastaanottajana. Ensin luovuttajan perintöaines, kromosomi tai plasmidi, kahdentuu ja sitten perintöaineksen kopio siirtyy uloketta pitkin vastaanottajaan.

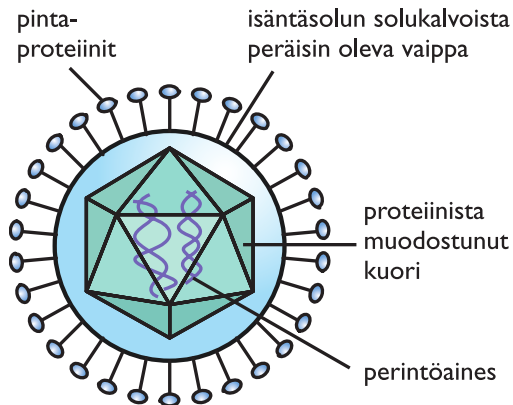


3. Bakteeri saa geenejä bakteriofagilta (transduktio)

Kun bakteriofagi lisääntyy bakteerissa, voi joidenkin bakteerissa rakentuvien virusten sisään joutua hajoavan bakteerin perintöainesta. Kun tällainen bakteriofagi infektoi seuraavan bakteerin, edellisestä bakteerista tullut kromosomin osa liittyy osaksi seuraavan bakteerin kromosomia.

Virukset ovat solujen loisia

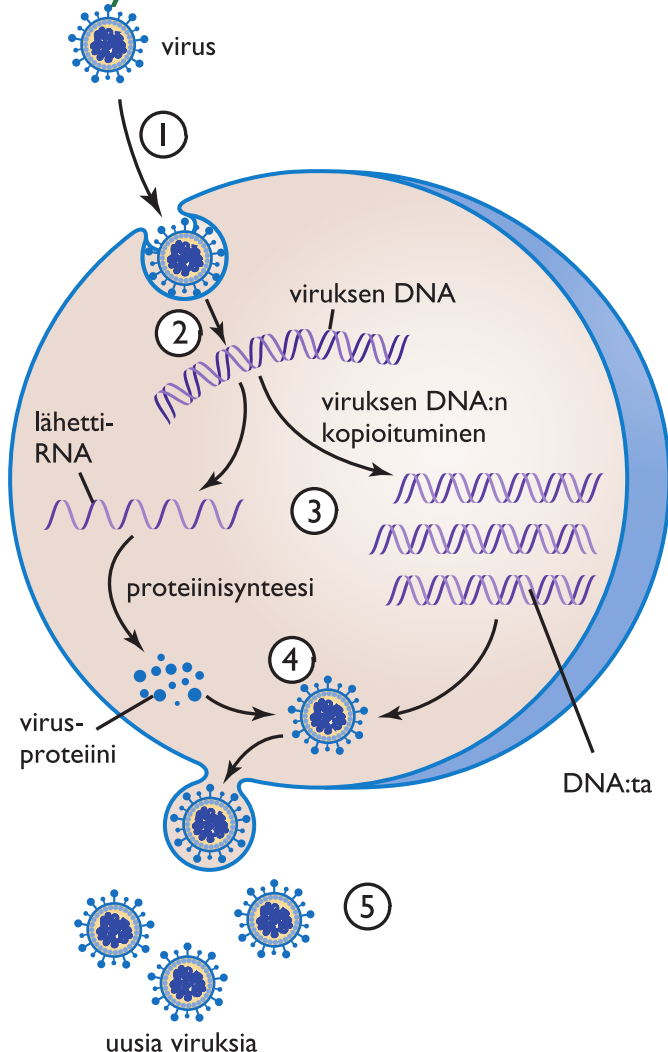
Viruksen rakenne



Viruksia ei nykyisen käsityksen mukaan luokitella kuuluviksi eliöihin, koska niillä ei ole solurakennetta eikä itsenäistä aineenvaihduntaa, ja ne pystyvät lisääntymään vain elävissä soluissa.

Kuten bakteerien, niin myös virusten, perinnöllinen muuntelu on hyvin nopeaa. Sitä aiheuttavat geenimutaatiot ja rekombinaatio. Koska viruksilla on jokaista geeniä vain yksi kappale, resessiivisetkin geenimutaatiot ilmenevät heti. Virusten rekombinaatiota tapahtuu, jos samaan isäntäsoluun joutuu kaksi erilaista virustyyppiä. Kun isäntäsolu valmistaa uusia viruksia, voi jonkin uuden viruksen geneeistä osa olla peräisin toisesta ja osa toisesta alkupe-
räisestä virustyyppistä.

DNA-viruksen lisääntyminen



1. Virus tunnistaa oikean isäntäsolunsa solukalvossa olevien reseptorien perusteella. Virus pääsee endosytoosin avulla isäntäsoluun sen solukalvosta kuroutuvan rakkulan sisälle.

2. Sisälle päässeeseen viruksen kuori hajotetaan isäntäsolun entsyymien avulla, ja perintöaines vapautuu solulimaan.

3. DNA-virusten perimä siirtyy tumaan ja kiinnittyy siellä johonkin isäntäsolun kromosomeista. Isäntäsolu alkaa valmistaa virus-DNA:n ohjeiden mukaan virusproteiineja ja uutta virus-DNA:ta.

4. Syntyneet virusten osat, kuori- ja pinta-proteiinit sekä perintöaines, kootaan uusiksi viruksiksi.

5. Valmiit virukset poistuvat isäntäsolusta eksosytoosin avulla solukalvosta kuroutuvissa rakkuloissa.

TEHTÄVÄT

1. Luokitteluun liittyviä käsitteitä

Selitä seuraavat eliöiden luokitteluun liittyvät käsitteet ja mainitse jokaisesta jokin esimerkki.

(6 p)

- laji
- pääjakso
- mikrobi
- kunta
- kaari
- alkueliö

2. Tuntematon eläinlaji

Valokuvassa on uusi, tieteelle tuntematon eläinlaji. Mitä menetelmiä käyttäisit selvittäessä sen asemaa eläinten sukupuussa?

(6 p)



4. Putkilokasvin ja lakkisien vertailua

yo k-13

Mitkä alla olevan luettelon termit ja rakenteet liittyvät putkilokasviin, mitkä lakkisieneen ja mitkä molempiin? Kopioi seuraava taulukko vastauspaperiisi ja merkitse rastilla oikeat vaihtoehdot.

(6 p)

Termi tai rakenne	Putkilokasvi	Lakkisieni
Soluseinä		
Selluloosa		
Kitiini		
Fotosynteesi		
Soluhengitys		
Juuri		
Johtojänne		
Nila		
Itiö		
Itiöemä		
Emi		
Autotrofia		
Heterotrofia		
Mykorritsa		
Silmu		
Ilmarako		

3. Eläinkunnan pääjaksot

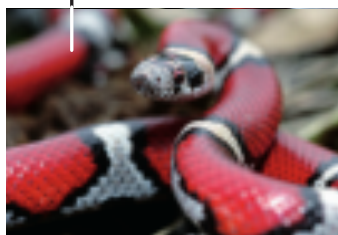
Selvitä jokaisesta kuvien 1–6 eläimestä,

- mihin pääjakssoon se kuuluu (1,5 p)
- mitä kyseiselle pääjaksolle tyypillisiä piirteitä sillä on. (4,5 p)

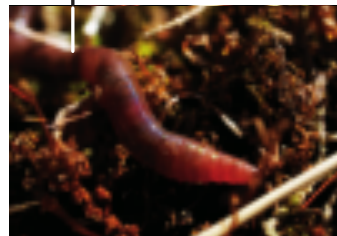
①



②



③



④



⑤

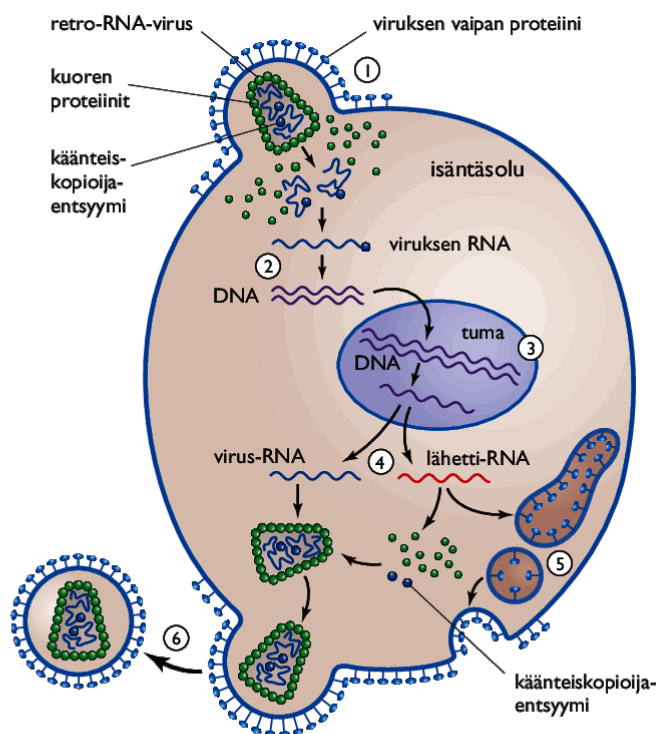


⑤



5. Retro-RNA-viruksen lisääntyminen

Kuvassa on esitetty retro-RNA-viruksen lisääntyminen. Selitä, mitä vaiheissa 1–6 tapahtuu ja miten virus käyttää hyväkseen isäntäsolun mekanismeja lisääntymisensä eri vaiheissa. (6 p)



6. Bakteerien ja virusten vertailua

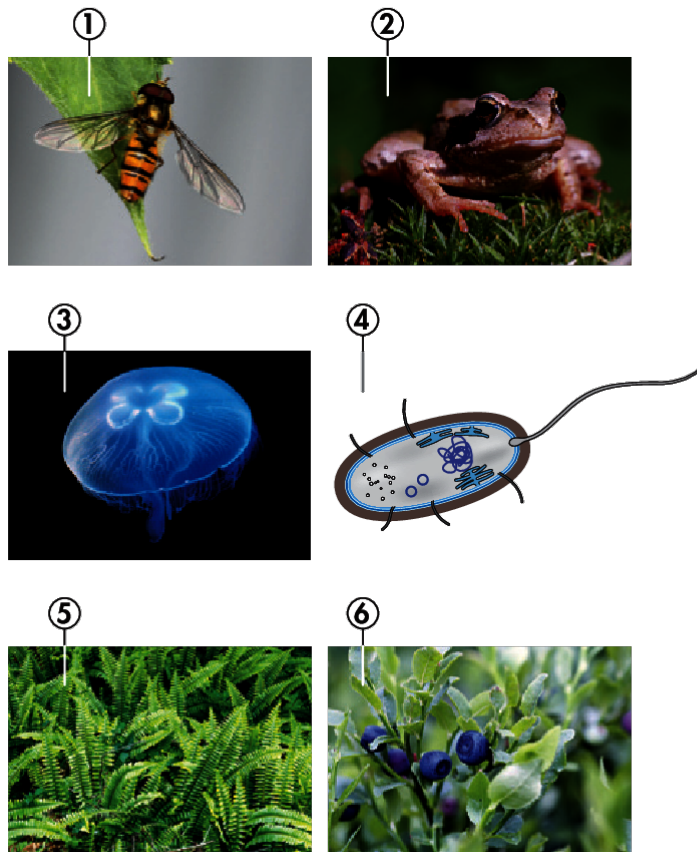
Vertaa toisiinsa bakteerien ja virusten

- rakennetta (2 p)
- lisääntymistä (2 p)
- perinnöllistä muuntelua. (2 p)

7. Eliöiden luokittelua



Kopioi taulukko vastauspaperiisi ja merkitse rastilla ne vaihtoehdot, jotka liittyvät kuvien 1–6 esittämiin eliöihin. (6 p)



	Kuva 1	Kuva 2	Kuva 3	Kuva 4	Kuva 5	Kuva 6
Selkäjänteinen						
Selkärangainen						
Niveljalkainen						
Piikki-nahkainen						
Polttiaiseläin						
Koppi-siemeninen						
Paljas-siemeninen						
Itiökasvi						
Aito-tumallinen						
Esi-tumallinen						

8. Lintuinfluenssan leviäminen

Kartassa on esitetty lintuinfluenssatartunnan saaneiden ihmisten määrä (punainen) ja ne maat, joissa virusta on löydetty villilinnuista tai ravinnoksi käytetyistä linnuista (keltainen) vuosina 2003–2006. Lintuinfluenssa lähti liikkeelle Itä-Aasian maista (mm. Kiina), ja levisi sieltä asteittain länteen.

- Mitä tarkoitetaan pandemialla? (1 p)
- Analysoi oheista karttaa. Mitkä tekijät vaikuttavat lintuinfluenssan leviämiseen linnuissa? Entä ihmisten joukossa? (2 p)
- Miten lintuinfluenssaviruksesta tai ihmisen influenssaviruksesta voi kehittyä sellainen virustyyppi, joka leviää ihmisestä toiseen ja aiheuttaa pandemian? (3 p)

+9. Virusten leviäminen

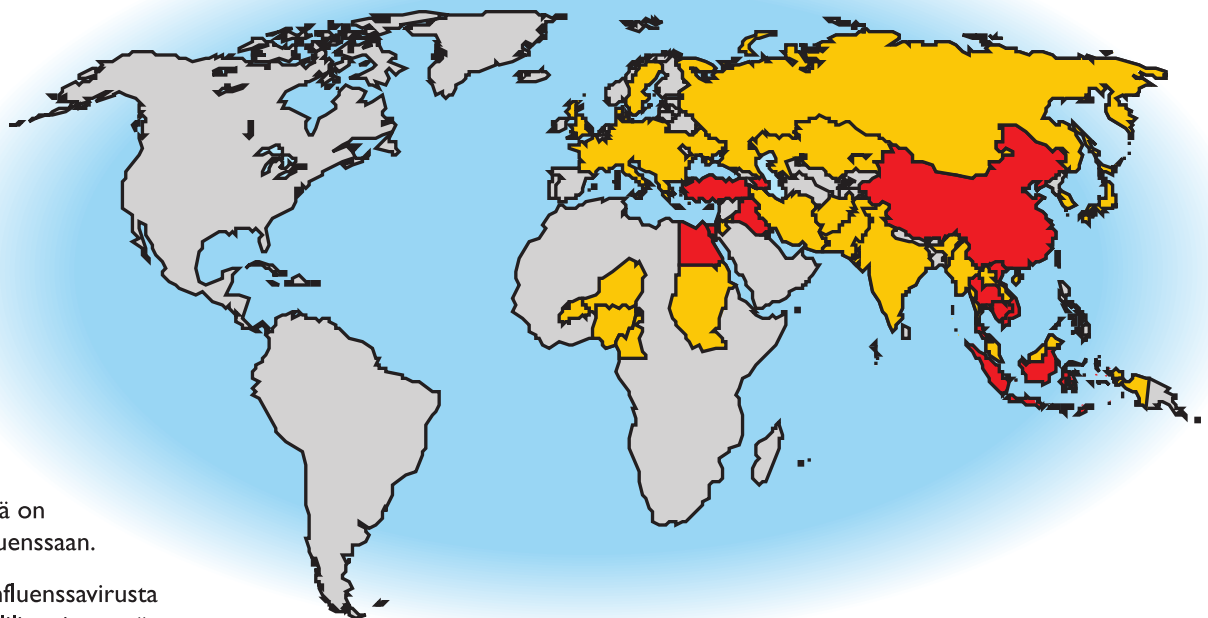
Miten eläin- ja kasvitauteja aiheuttavat virukset leviävät yksilöstä toiseen? Miten erilaiset virukset lisääntyvät ja miksi niiden torjunta on vaikeaa? (9 p)

+10. Sienet ja niiden merkitys

Selosta esimerkkien avulla sienten rakennetta ja ominaisuuksia ja tee selkoa sienten ekologisesta merkityksestä luonnossa. (9 p)

II. Bakteerien evoluutio

Bakteereille on ominaista nopea evoluutio. Mihin se perustuu ja mikä merkitys sillä on bakteereille? (6 p)



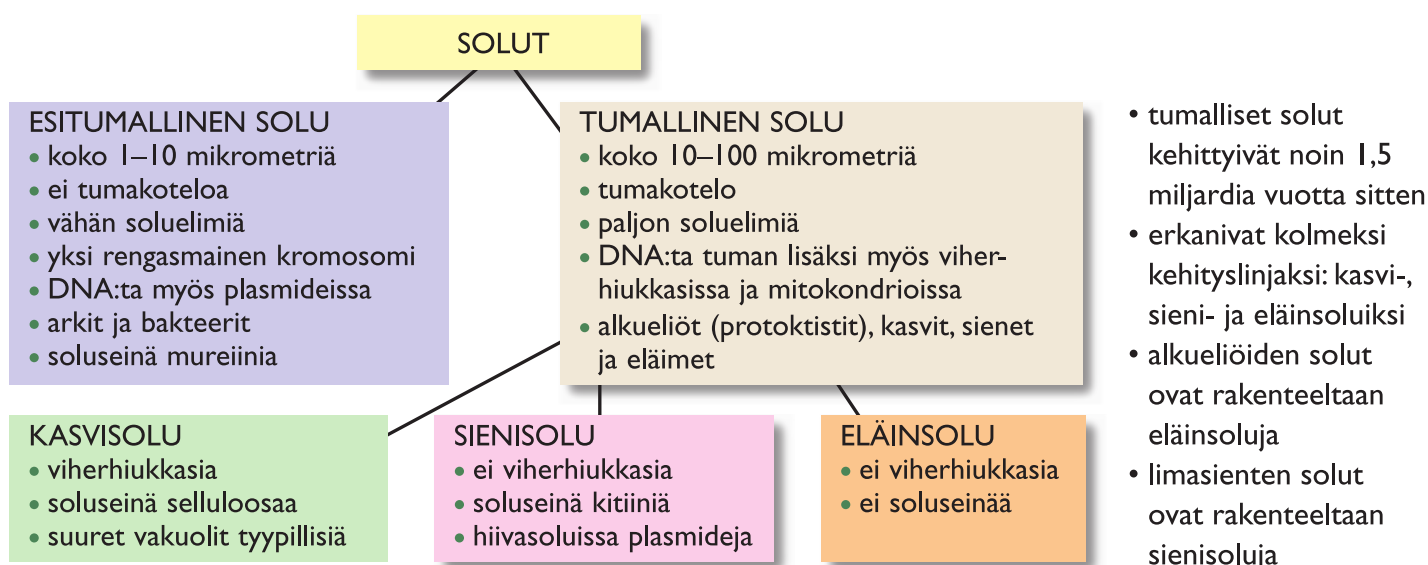
4 Erilaisia soluja, samoja kemiallisia yhdisteitä

Kaikki eliöt koostuvat soluista. Solu on perusyksikkö, jossa elämälle tärkeät kemialliset reaktiot tapahtuvat. Solujen muoto, koko ja elinikä vaihtelevat. Esimerkiksi ihmisen hermosolut ovat muodoltaan tähtimäisiä ja ne ovat samanikäisiä kuin ihminen itse. Ihosolut taas ovat kuutiomaisia, ja ne uusiutuvat jatkuvasti. Kaikilla soluilla on kuitenkin monia samoja rakenteita ja toimintoja. Myös eri solujen kemialliset aineet ovat samoja. Kaikista soluista löytyviä orgaanisia aineita ovat nukleiinihapot, proteiinit, hiilihydraatit, lipidit ja ATP.

Solut jaetaan kahteen pääryhmään

Solut jaetaan rakenteen perusteella esitumallisiin ja tumallisiin soluihin. Osa eliöistä on yksisoluisia. Niihin kuuluvat bakteerit, arkit, alkueläimet, yksisoluiset levät ja eräät sienet. Muut eliöt eli kasvit, suurin osa sienistä ja alkueliöistä sekä eläimet ovat monisoluisia, ja ne koostuvat miljoonista soluista.

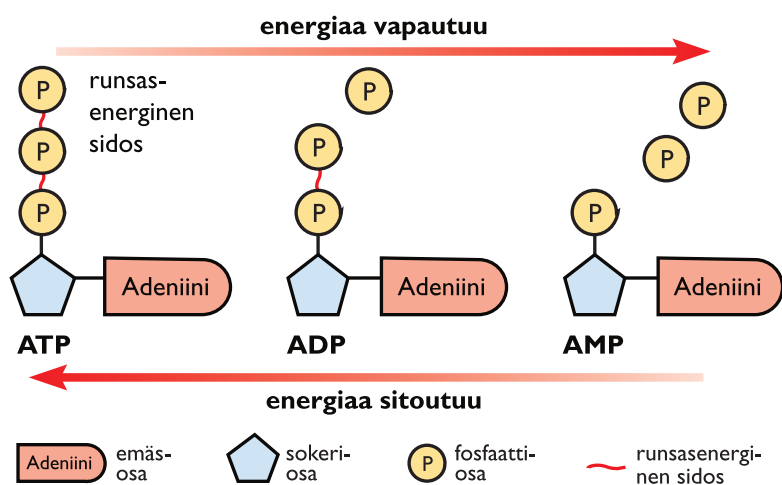
Solut jaetaan kahteen pääryhmään



Solun alkuaineet ja kemialliset yhdisteet

Kaikille eliöille yhteisiä piirteitä ovat samat alkuaineet ja kemialliset yhdisteet, joilla on eri eliöryhmissä samat tehtävät. Solujen yleisimmät alkuaineet ovat hiili, happi, vety ja typpi. Kemialliset yhdisteet jaetaan epäorgaanisiin ja orgaanisiin yhdisteisiin. Solujen tärkein epäorgaaninen yhdiste on vesi. Se toimii soluissa liuottimena, lämmönsaajana ja aineiden kuljettajana sekä aiheuttaa soluun nestejännityksen.

Solun orgaaninen yhdiste	Rakenne	Merkitys
Hiilihydraatit	• rakentuvat monosakkarideista	• energialähde (glukoosi), • energiavarasto (glykogeeni, tärkkelys) • soluseinän rakenneosa (selluloosa, kitiini, mureiini) • solukalvon pintamolekyyli
Lipidit (rasva-aineet) • rasvat • karotenoidit • steroidit	• rasvat rakentuvat glyserolista ja rasvahapoista	• energiavarasto • solun kalvorakenteissa • joidenkin hormonien rakenneosa
Proteiinit (valkuuaisaineet)	• rakentuvat aminohapoista	mm. • entsyymit • solukalvon proteiinit • vasta-aineet • mikrosäikeet
DNA (kuuluu nukleiinihappoihin)	• rakentuu nukleotideista (deoksiriboosi + emäsosa + fosfaattiosa)	• perinnöllisen tiedon säilyttäminen ja välittäminen eteenpäin seuraavalle solusukupolvelle
RNA (kuuluu nukleiinihappoihin)	• rakentuu nukleotideista (riboosi + emäsosa + fosfaattiosa)	• perinnöllisen tiedon välitys proteiinisynteesissä • geenien ilmentymisen säätely
ATP, ADP, AMP	• rakentuvat nukleotideista, joissa on sokeriosa, emäsosa ja 1–3 fosfaattiosaa	• energian lyhytaikainen varastointi ja vapauttaminen solun käyttöön



Adenositrifosfaatti (ATP) on nukleotiditri-fosfaatti. Se koostuu adeniinimäisestä, ribosisokerista sekä kolmesta fosfaattiosasta, jotka ovat liittyneet toisiinsa runsasenergisillä sidoksilla. Solu saa tämän sidosen energian käyttöönsä, kun ATP-molekyylistä irtoaa fosfaattiosia. Jos yksi fosfaattiosa irtoaa, syntyy ATP:stä ADP-molekyyli (adenosiinidifosfaatti). Jos ADP:stä irtoaa vielä yksi fosfaattiosa, syntyy AMP-molekyyli (adenosiinimonofosfaatti). Solu pystyy käyttämään vain ATP:ssä olevaa kemiallista energiaa. Solun energiantuottoreaktioissa, kuten soluhengityksessä, AMP- ja ADP-molekyyliä ladataan ATP-molekyyleiksi.

Proteiinit toimivat:

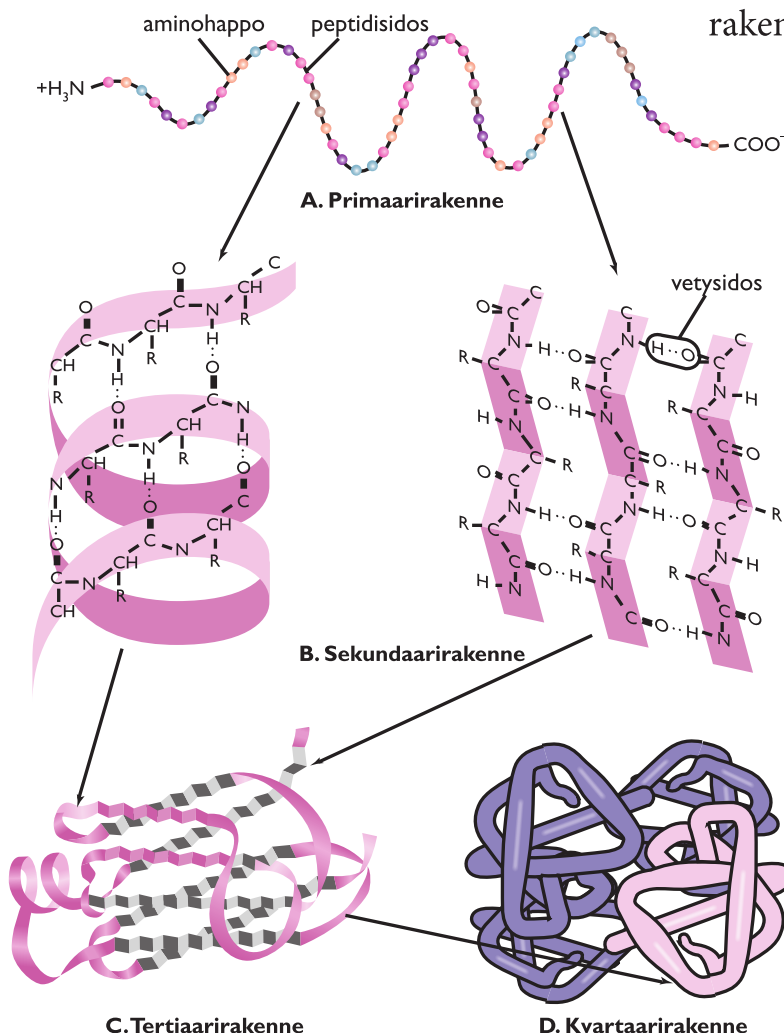
- entsyymeinä
- aineiden sitojina ja kuljettajina, esim. hemoglobiini
- tukirakenteina, esim. solun mikrosäikeet
- liikuttajina, esim. lihassolun aktiini- ja myosiinisäikeet
- väliaineena, esim. kollageeni
- veren hyytymisessä, fibrinogeeni
- vasta-aineina
- hormoneina, esim. kasvuhormoni
- yhteyttämisessä, valoa keräävät klorofylli-proteiinikompleksit (fotosysteemit)
- kasvutekijöinä
- solukalvon proteiineina, esim. kuljettajaproteiinit ja reseptorit
- säätelyproteiineina geenin luennan alkaessa
- kromosomien rakenneosina DNA:n lisäksi
- ribosomien rakenneosina ribosomi-RNA:n lisäksi
- varastoproteiineina, esim. kananmunan valkuainen
- solujen jakautumisessa, sukkularihmat

Proteiinit ovat solun toiminnalle tärkeitä molekyylejä

Solun proteiinit valmistuvat geenien ohjaamina proteiinisynteesissä. Proteiinit ovat hyvin suuria makromolekyylejä, ja ne rakentuvat sadoista tai jopa tuhansista aminohapoista.

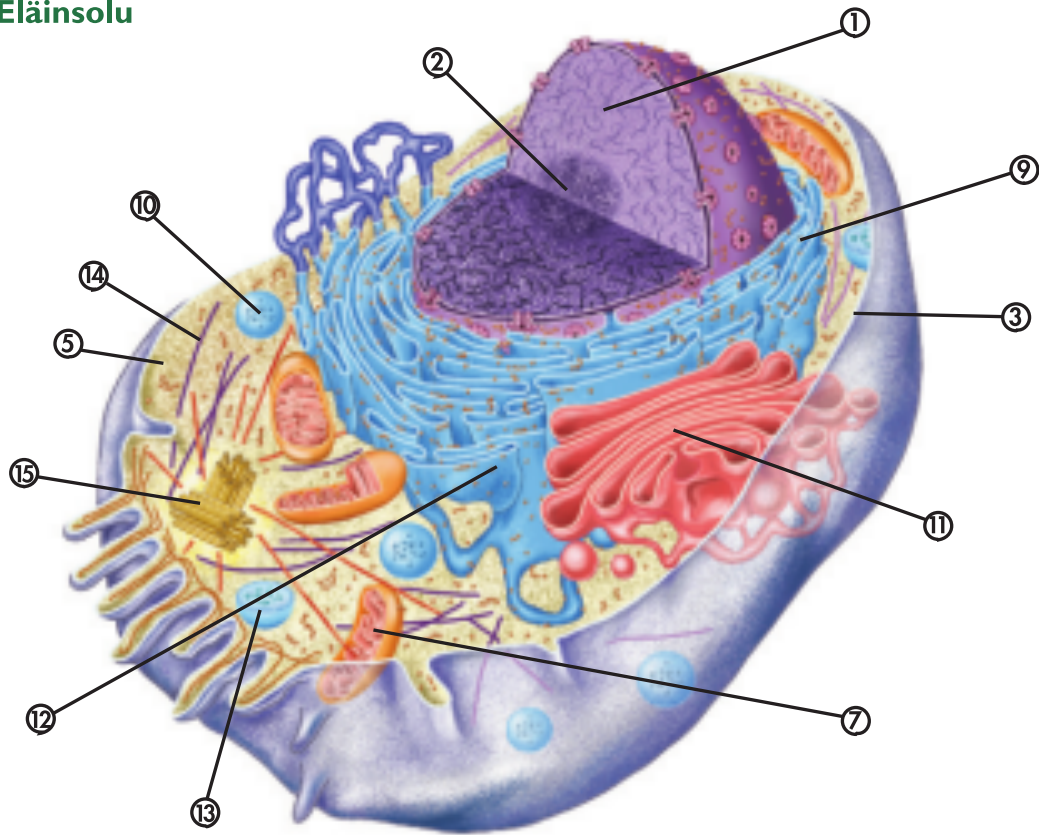
Proteiinin rakenteessa on neljä tasoa. Primaarirakenteella tarkoitetaan proteiinin aminohappojärjestystä. Kun aminohappojen välille syntyy vetysidoksia, on seurauksena aminohappoketjun kiertyminen tai laskostuminen ja proteiinille syntyy sekundaarirakenne. Tertiaarirakenne on proteiinin kolmiulotteinen rakenne. Mikäli kaksi tai useampia proteiinimolekyylejä liittyy yhteen, puhutaan proteiinin kvartaarirakenteesta. Esimerkiksi hemoglobiini koostuu neljästä proteiinimolekyylistä.

Proteiinin denaturoituminen tarkoittaa sitä, että proteiinin kolmiulotteinen rakenne rikkoutuu ja proteiini menettää toimintakykynsä. Esimerkiksi liian korkea lämpötila (yleensä yli $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$) tai väärä happamuus saa aikaan proteiinin kolmiulotteisen rakenteen muuttumisen.

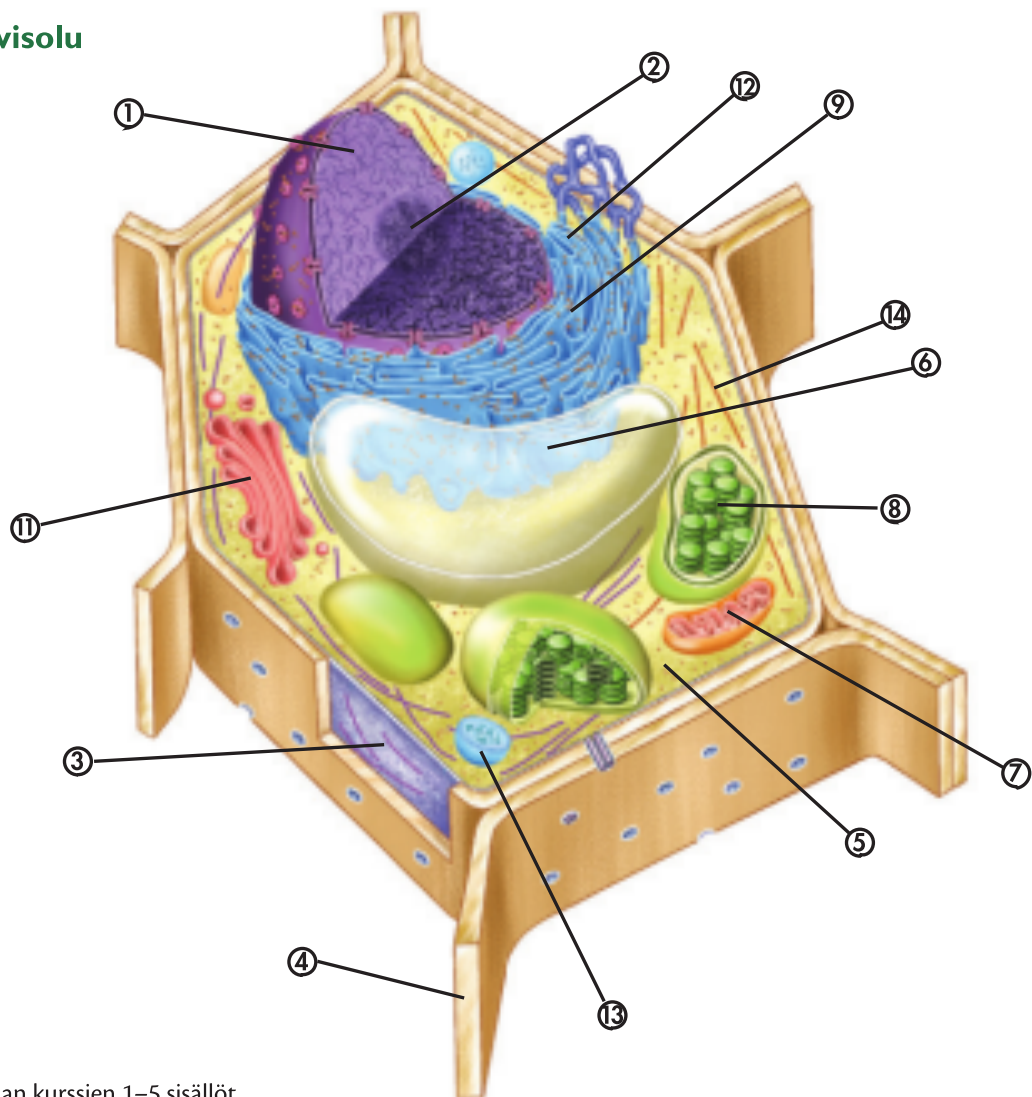


Proteiinin rakenteessa on erotettavissa useita järjestystasoja. Aminohappojärjestystä kutsutaan primaarirakenteeksi (A). Primaarirakenne kiertyy tai laskostuu, kun aminohappojen väliin muodostuu säännöllisin välein vetysidoksia. Tällöin syntyy sekundaarirakenne (B). Tertiaarirakenne (C) on proteiinin kolmiulotteinen rakenne. Se muodostuu, kun aminohapot muodostavat lisää sidoksia keskenään. Sidoksia muodostavat aminohapot voivat olla kaukana toisistaan, ja niiden väliset sidokset voivat olla vahvoja, esimerkiksi kysteiinien välinen rikki–rikki-sidos. Jos lopullinen proteiini koostuu useammasta aminohappoketjusta, puhutaan sen kvartaarirakenteesta (D), (esim. hemoglobiini).

Eläinsolu



Kasvisolu



Tumallisen solun rakenteita

nro kuvassa	Solun rakenne	Rakenne	Merkitys	Missä solussa
1	tuma	kaksinkertaisen kalvon ympäröimä, sisällä tumajyvänen	sisältää DNA:n, joka ohjaa solujen toimintaa	K, E, S
2	tumajyvänen	koostuu nukleiinihapoista ja proteiineista	ribosomien valmistus	K, E, S
3	solukalvo	kaksi lipidikerrosta, joihin uppoutuneena proteiinimolekyyliä, voi sisältää myös hiilihydraattimolekyyliä	aineiden otto ja poisto, informaation vastaanotto	K, E, S
4	soluseinä	kasvisoluilla selluloosaa, sienisoluilla kitiiniä	suojaa kasvisoluja ja antaa muodon	K, S
5	solulima	70 % vettä, proteiineja, lipidejä, hiilihydraatteja ja epäorgaanisia ioneja	soluelimet ovat solulimassa	K, E, S
6	vakuoli eli solunesterakkula	solunesteen täyttämä ontelo, erityisesti kasvisoluille tyypillinen	erilaisten aineiden, veden ja jätteiden varastoja, pitävät yllä kasvisolujen nestejännitystä	K, (E), (S)
7	mitokondrio	poimuttunut, kaksinkertaisen kalvon ympäröimä, sisältää DNA:ta	soluhengitys	K, E, S
8	viherhiukkanen	kaksinkertaisen kalvon ympäröimä, sisällä nestemäinen väli-tila ja yhteyttämiskalvosto, sisältää DNA:ta	fotosynteesi	K
9	ribosomi	koostuu nukleiinihapoista ja proteiineista	proteiinisynteesi	K, E, S
10	lysosomi	kalvorakkula	hajottaa erilaisia aineita ja jätteitä	E, S
11	Golgin laite	muodostunut päällekkäisistä kalvosäikeistä	proteiinien muokkaus	K, E, S
12	solulimakalvosto	kalvosto, jonka pinnalla voi olla ribosomeja	aineiden kuljetus	K, E, S
13	peroksisomi	kalvorakkula	haitallisten aineiden hajotus	K, E, S
14	solun tukiranka	proteiinisäikeitä	määrää solun muodon, osallistuu solun jakautumiseen ja aineiden kuljetukseen	K, E, S
15	keskusjyvät	proteiinisäikeitä	osallistuvat solun jakautumiseen	E, S

K = kasvisolu
E = eläinsolu
S = sienisolu

Esitumallinen solu

Kromosomi

Esitumallisista soluista puuttuu tuma-kotelon ympäröimä tuma. Niillä on solulimassa vain yksi rengasmaisen kromosomi (DNA-molekyyli). Solulimassa voi lisäksi olla pieniä, erillisiä DNA-renkaita, plasmideja.

Ribosomit

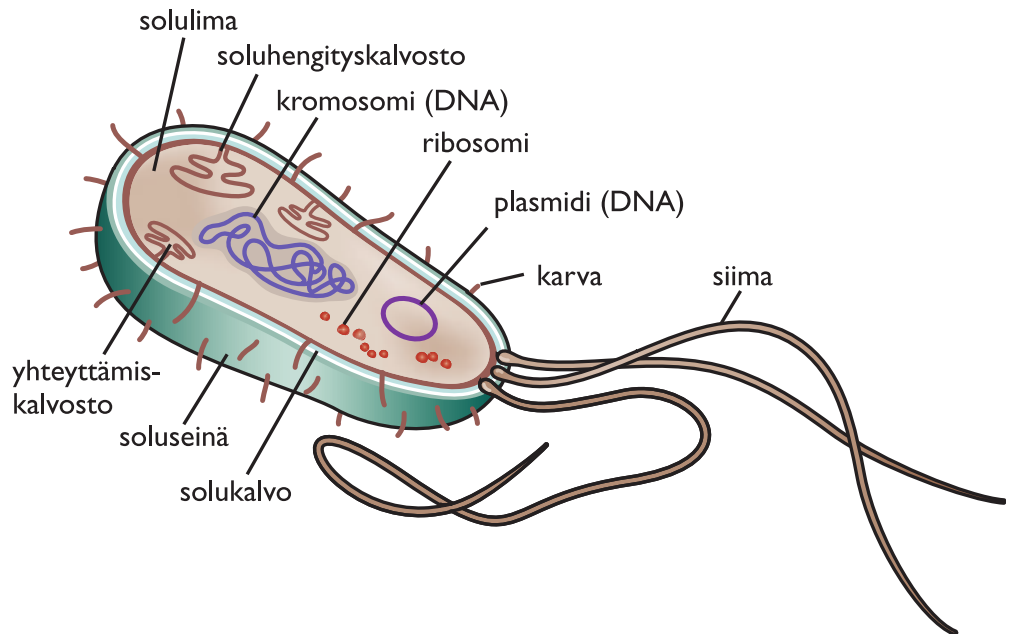
Proteiinisynteesi tapahtuu ribosomien pinnalla.

Kalvostot

Soluhengitys tapahtuu solukalvosta solulimaan poimuttuneessa kalvostossa. Syanobakteereilla solukalvosta on poimuttunut myös kalvoja, joissa tapahtuu fotosynteesi.

Soluseinä

Useimmilla esitumallisilla soluilla on solukalvon ulkopuolella soluseinä. Se on aminohapoista ja hiilihydraateista rakentunutta mureiinia. Joillain bakteereilla voi olla soluseinän ulkopuolella limakapseli. Se suojaa tauteja aiheuttavia bakteereita tehokkaasti isäntäeliön puolustusjärjestelmältä ja antibiooteilta.

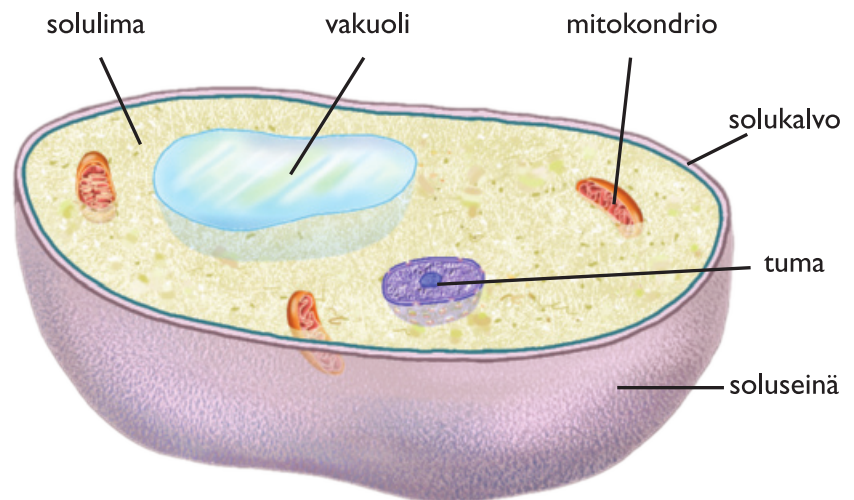


Siimat ja karvat

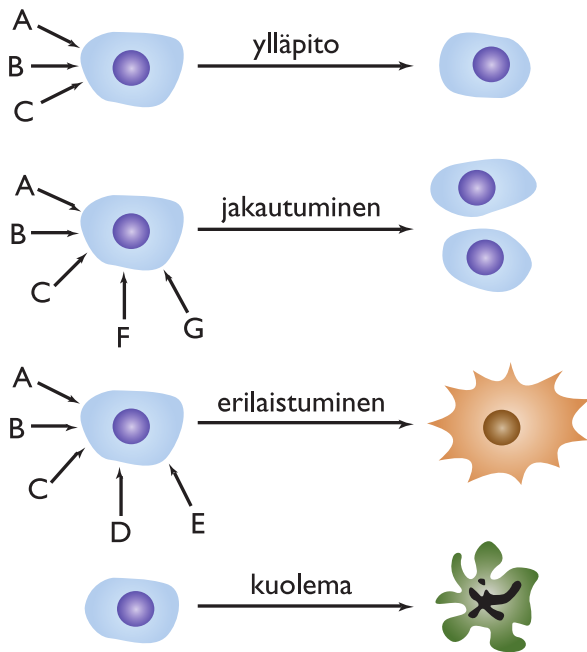
Jotkin bakteerit pystyvät liikkumaan solukalvosta lähtevien uimasiimojen avulla, ja joillakin on ravintoalustaan kiinnittymistä varten tarttumakarvoja.

Sienisolu

Useimmilla sienillä soluseinä on rakentunut kitiinistä, joka on vahvaa, mutta joustavaa. Kitiini on monimutkainen hiilihydraatti, ja samaa yhdistettä ovat myös hyönteisten ja muiden niveljalkaisten ulkoiset tukirakenteet.



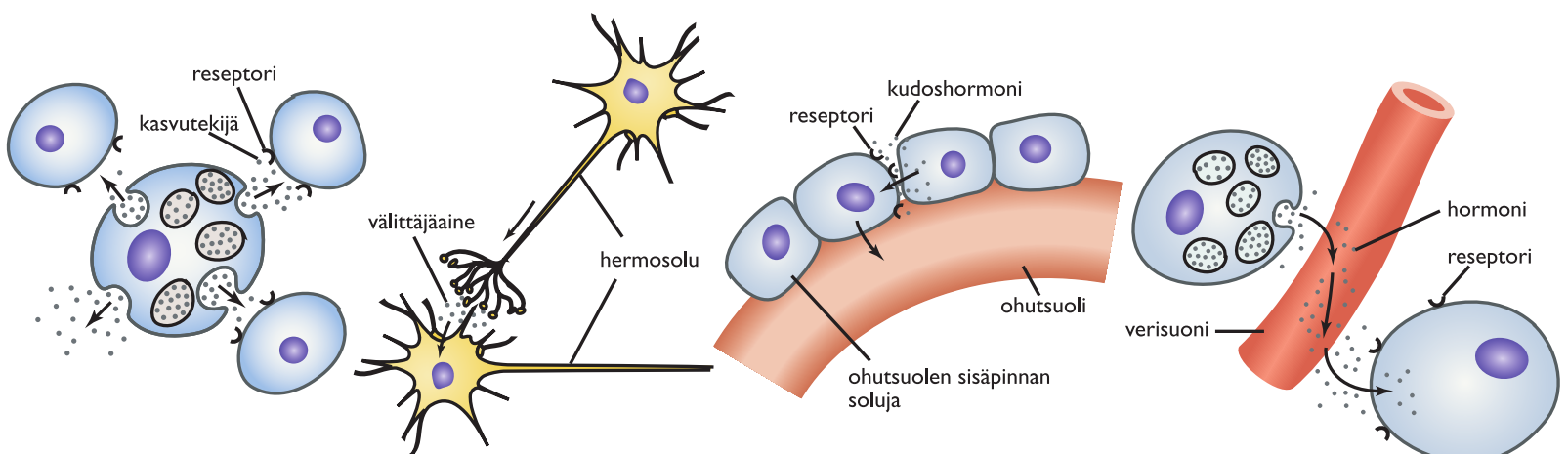
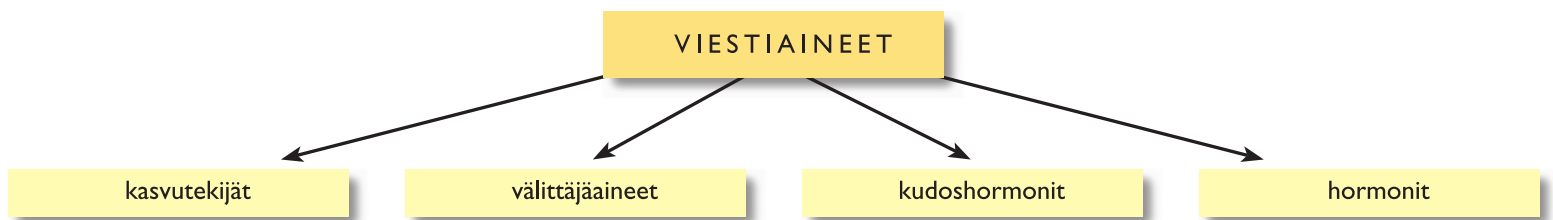
Erilaisia viestejä



Solut viestivät toisilleen

Monisoluisten eliöiden kasvu ja kehitys sekä sisäisen tasapainon säätely vaativat solujen välistä viestintää. Solujen välinen viestintä tapahtuu viestiaineiden avulla. Vasteella tarkoitetaan solun reagointia viestiaineeseen. Viestiaineet ovat yleensä proteiineja.

Viestiaineet jaetaan neljään ryhmään, joita ovat kasvutekijät, välittäjäaineet, kudoshormonit ja hormonit. Kasvutekijät ovat solujen erittämiä aineita, jotka lisäävät tai hillitsevät naapurisolujen jakautumista. Välittäjäaineiden avulla hermoimpulssi siirtyy solusta toiseen. Yksittäisten solujen tai soluryhmien erittämiä paikallisia hormoneja kutsutaan kudoshormoneiksi. Ne kulkevat kudostesteessä vaikutuskohtaansa. Hormonit syntyvät umpirauhasissa, ja ne kulkevat veren mukana kaikkialle elimistöön, mutta vaikuttavat vain tietyissä kohdesoluissa.

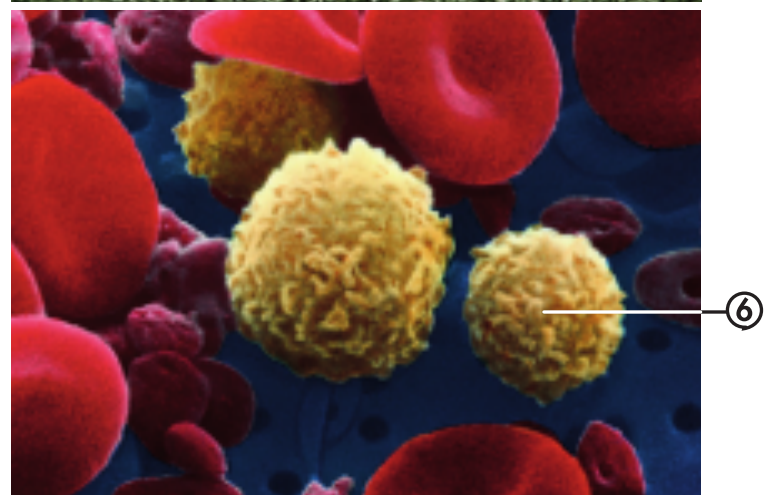
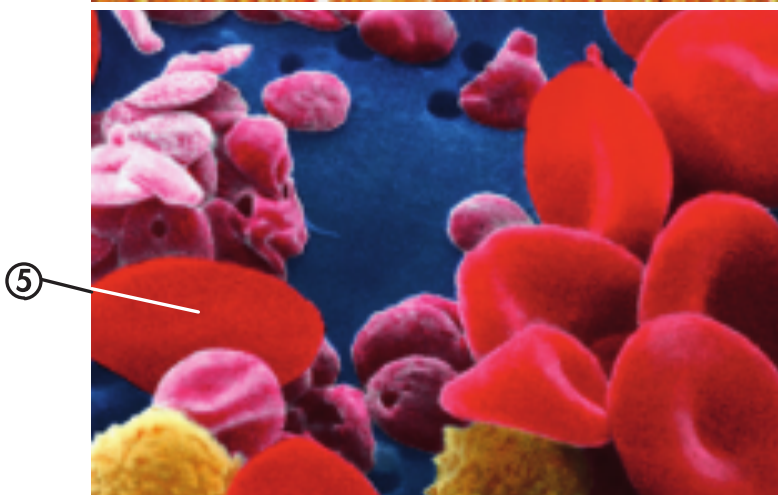
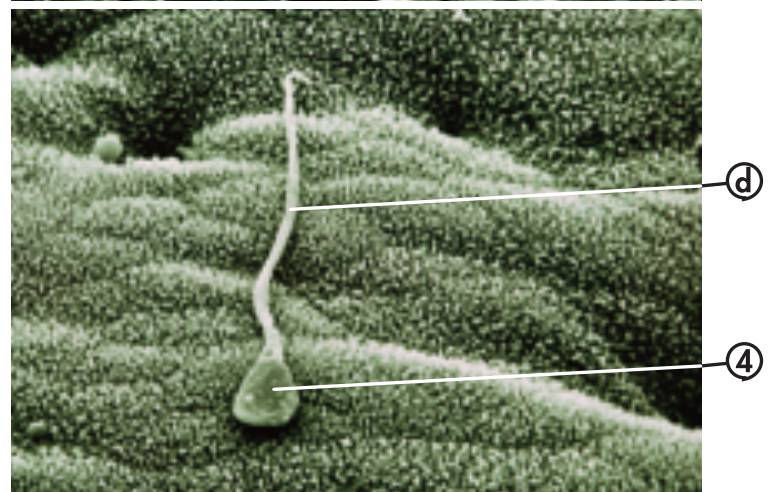
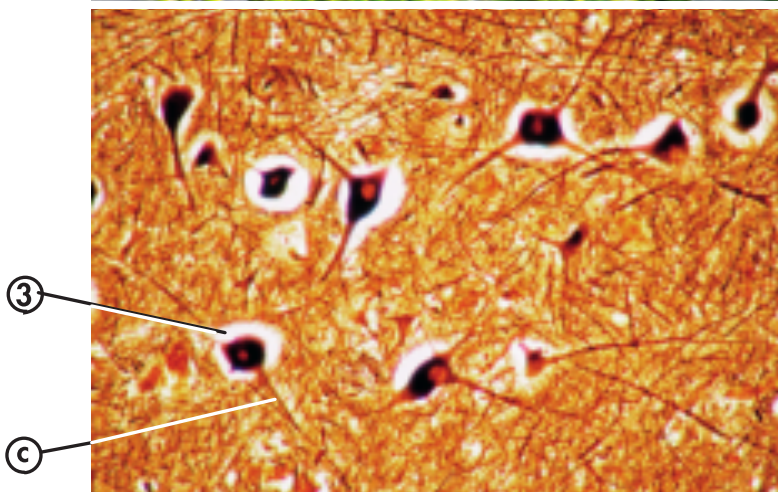
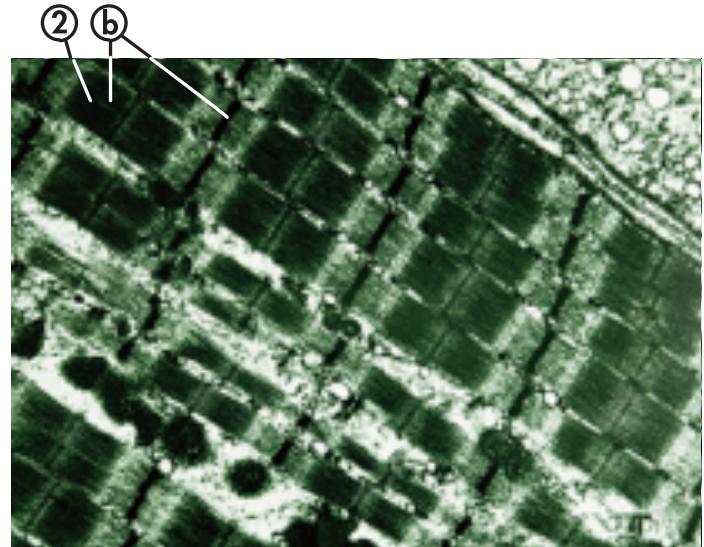
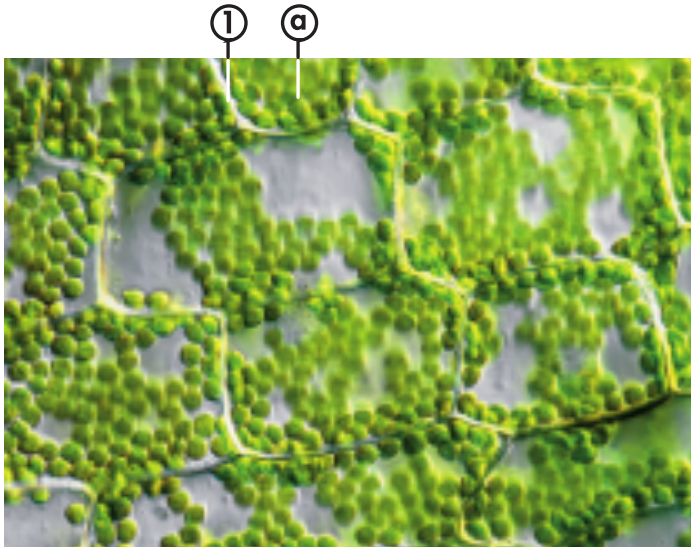


TEHTÄVÄT

I. Soluja ja soluelimiä

- a. Tunnista kuvien 1–6 solut ja kuviin merkityt soluelimet tai solun osat a–d. (2 p)
- b. Tee selkoa näiden solujen ja soluelinten tehtävistä. (2 p)

- c. Selosta lyhyesti, miten solut 3, 4 ja 5 ovat rakenteellisesti sopeutuneet tehtäväänsä. (2 p)



2. Biologian ilmiöitä

Perustele biologisesti seuraavat väitteet.

- Tyyntenmeren marjakuusesta (*Taxus brevifolia*) saatava, solujen tukirangan tuhoava, taksoli on tehokas syöpälääke. Kun sitä ruiskutetaan syöpäkasvaimeen, syöpäsolut kuolevat. (2 p)
- Monisoluiselle eliölle on etua koostua monista pienistä soluista. (2 p)
- Vesi on solujen yleisin yhdiste. (2 p)

3. Solujen välinen viestintä

Mitä tarkoittavat seuraavat käsitteet ja miten ne liittyvät toisiinsa?

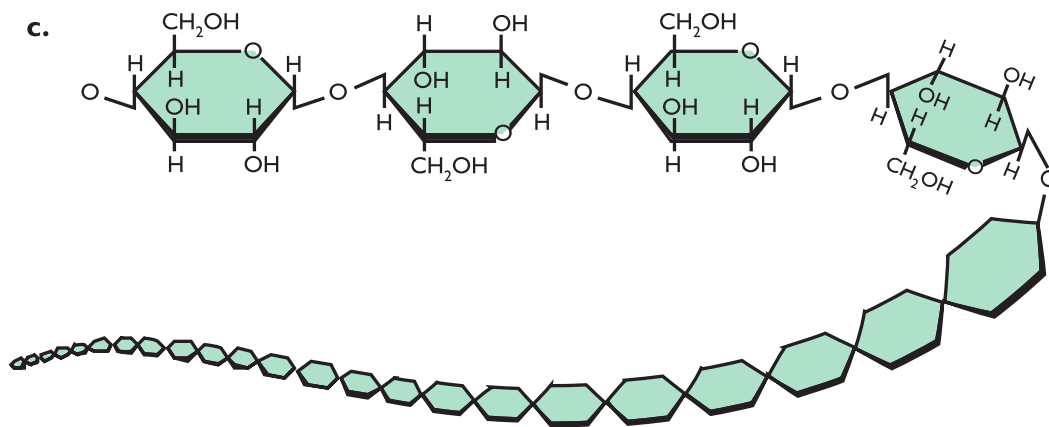
- | | |
|-----------------|------------------|
| a. viestiaine | d. hormoni |
| b. kudoshormoni | e. välittäjäaine |
| c. kasvutekijä | f. vaste |

4. ATP-molekyyli

- Piirrä ATP-molekyyli ja nimeä sen osat. (2 p)
- Selitä, miten ATP-molekyylistä saadaan vapautetuksi energiaa. (2 p)
- Selitä, missä solun reaktioissa ja miten ATP-molekyyliä ladataan. (2 p)

5. Solun orgaanisia yhdisteitä

- Nimeä oheisissa kuvissa a–d olevat solun orgaaniset yhdisteet. (2 p)
- Missä solun osissa kyseisiä yhdisteitä esiintyy ja mitkä ovat niiden tehtävät? (4 p)



6. Bakteerisolun rakenne

Piirrä bakteerisolun rakenne, nimeä sen osat ja selitä osien tehtävät. (6 p)

7. Kasvisolun rakenne ja toiminta

- Piirrä kaavamainen kuva kasvisolusta ja nimeä siihen tuma, ribosomeja, solunesterakkula, solulimakalvosto ja viherhiukkanen sekä luonnehdi lyhyesti niiden rakennetta. (4 p)
- Mitä toimintoja solulimakalvostolla, solunesterakkulalla ja viherhiukkasella on? (2 p)

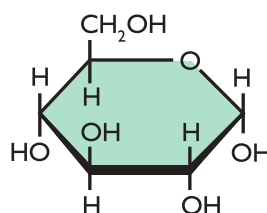
8. Tumallinen ja esitumallinen solu

yo k-02

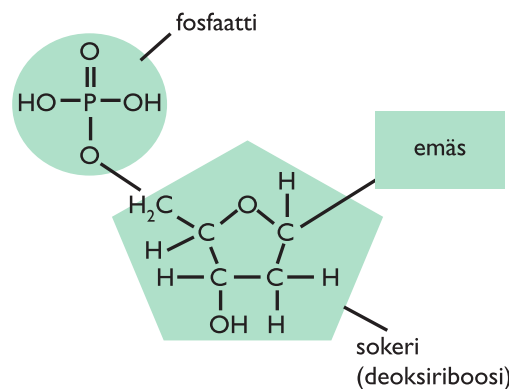
Mitkä rakenneseikat erottavat toisistaan

- esitumallisen ja aitotumallisen (tumallisen) solun (4 p)
- kasvi- ja eläinsolun? (2 p)

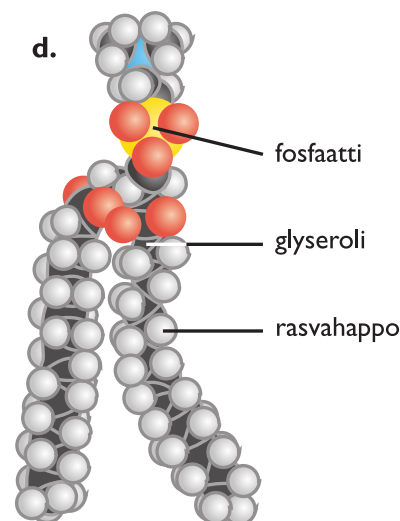
a.



b.



d.

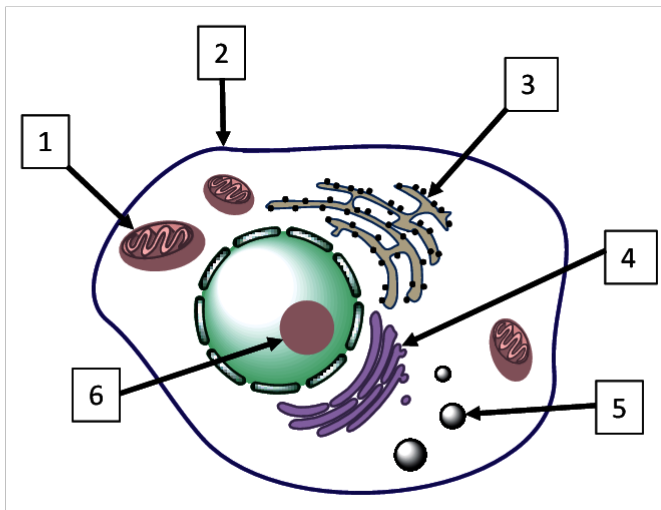


9. Mitokondriot ja viherhiukkaset **yo** k-10

Viherhiukkanen ja mitokondrio ovat keskeisiä soluelimiä. Tee taulukko näiden soluelinten tehtävistä, rakenteesta ja alkuperästä sekä totea, missä soluissa niitä esiintyy. Vastaukseen saat käyttää enintään yhden sivun. (6 p)

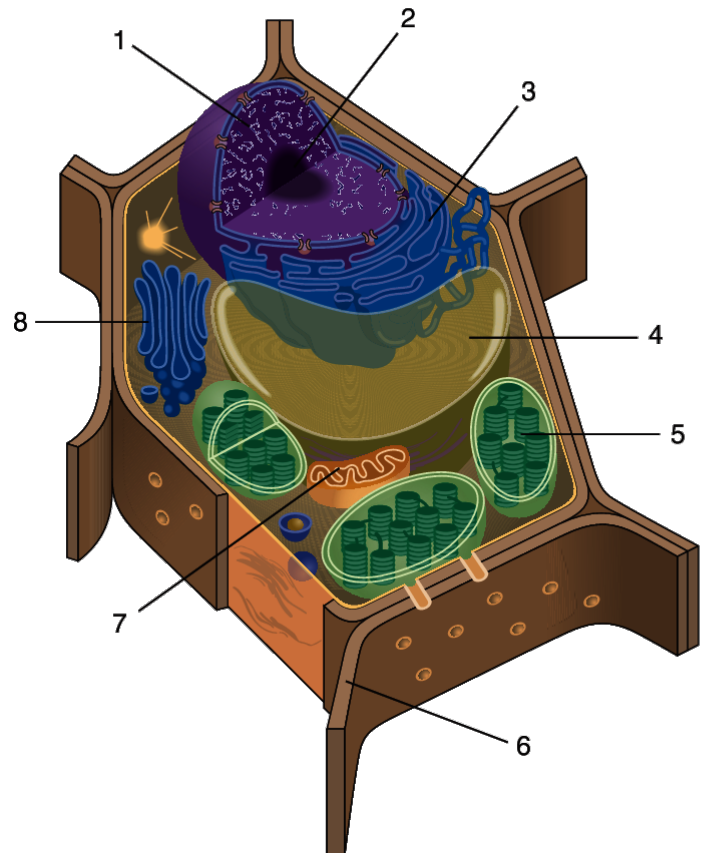
10. Eläinsolun rakenne **yo** k-11

Eläinsolun kaavamaisessa kuvassa on numeroiduja solun osia. Nimeä numeroidut soluelimet tai rakenteet ja selosta lyhyesti (parilla rivillä) tapahtuma, joka liittyy kyseiseen soluelimeen.



11. Soluelinten tehtäviä **yo** k-07

- Nimeä oheisen kuvan numeroidut soluelimet ja selitä lyhyesti (yhdellä virkkeellä) niiden tehtävä. (4 p)
- Mitkä soluelimet ovat alun perin olleet itsenäisiä soluja? Perustele päätelmäsi. (2 p)

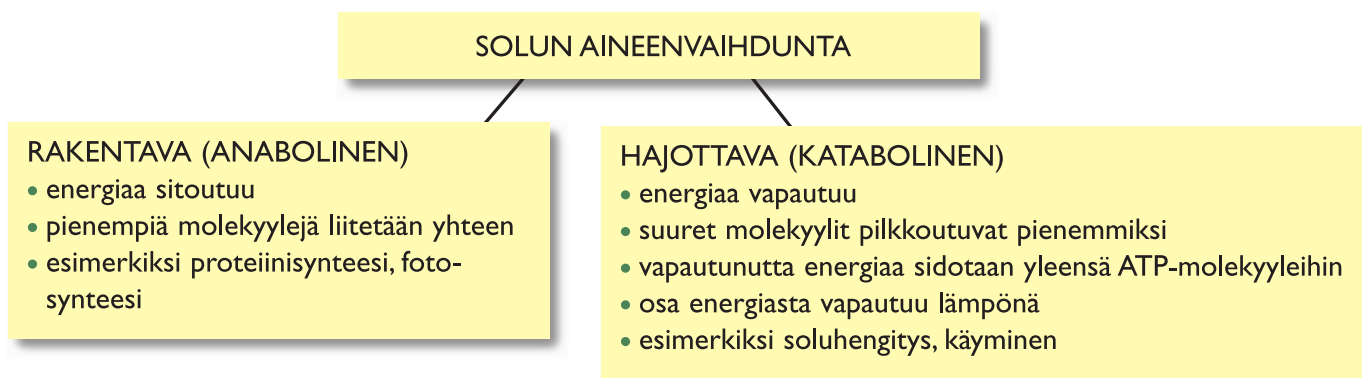


Solujen toiminta perustuu biokemiallisiin reaktioihin

Kaikissa soluissa tapahtuu jatkuvasti erilaisia biokemiallisia reaktioita, joissa entsyymit rakentavat ja hajottavat aineita. Proteiinisynteesi on esimerkki monimutkaisesta aineenvaihduntareaktioiden sarjasta. Lihasten kasvu niitä toistuvasti rasitettaessa johtuu siitä, että lihassoluihin syntyy lisää supistumiskykyisiä proteiinisäikeitä, aktiinia ja myosiinia. Uusien proteiinisäikeiden rakennusaineiksi tarvitaan aminohappoja, joita solut saavat proteiinipitoisesta ravinnosta.

Entsyymit ohjaavat solun aineenvaihduntareaktioita

Solun toiminta on aineenvaihduntaa. Aineenvaihduntareaktiot voidaan jakaa rakennus- ja hajotusaineenvaihduntaan. Rakennusaineenvaihdunnassa pienempiä molekyylejä liitetään yhteen isommiksi, ja energiaa tarvitaan syntyvän molekyylin uusiin kemiallisiin sidoksiin. Hajotusaineenvaihdunnassa isoja molekyylejä hajotetaan pienempiin osiin, jolloin osa kemiallisten sidosten energiasta vapautuu. Vapautuva energia sidotaan ATP-molekyyleihin.



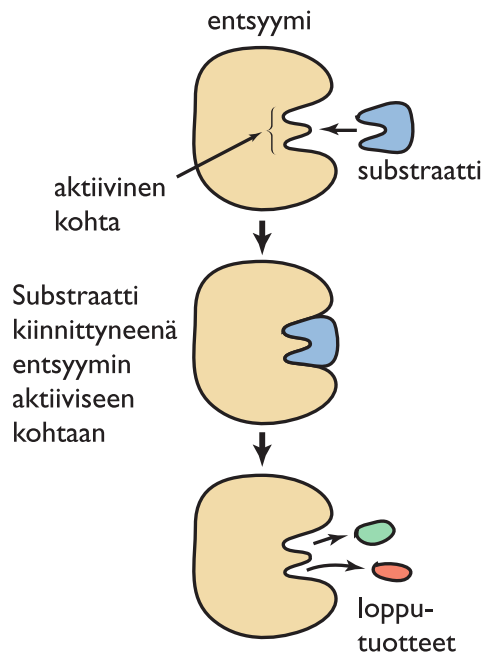
Entsyymit

- proteiineja
- syntyvät proteiinisynteesissä
- eivät muutu reaktioissa
- aktiivinen kohta
- substraatti
- avain-lukko-periaate
- spesifisyys
- kofaktori

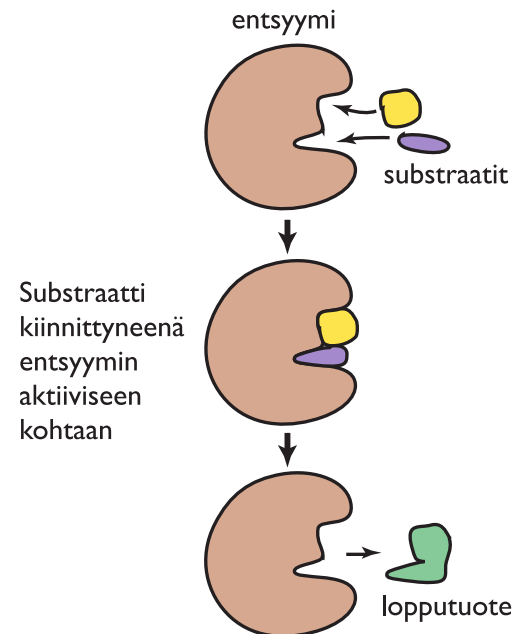
Entsyymit ovat rakenteeltaan proteiineja, ja ne valmistetaan geenien ohjeiden mukaan proteiinisynteesissä. Entsyymit nopeuttavat eli katalysoivat lähes kaikkia solujen kemiallisia reaktioita. Entsyymin proteiinosan pinnassa on aktiivinen kohta, johon katalysoitava aine eli substraatti kiinnittyy. Kukin entsyymi katalysoi vain yhdenlaisia reaktioita, koska sen aktiiviseen kohtaan pystyy sitoutumaan vain tietynlainen substraatti (avain-lukko-periaate).

Jotkin entsyymit ovat toimintakykyisiä vasta sitten, kun niihin on liittynyt erillinen osa, kofaktori. Se voi olla metalli-ioni tai jokin orgaaninen molekyyli, esimerkiksi vitamiini. Ne muuttavat yleensä entsyymin aktiivisen kohdan substraatille sopivaksi. Nykyisin entsyymejä käytetään monissa tuotteissa ja teollisuuden aloilla, ja niitä valmistetaan bioteknisesti mikrobeissa tuottamalla.

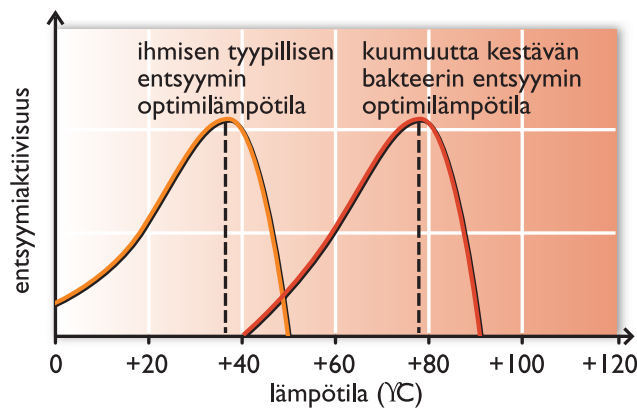
Katabolinen reaktio



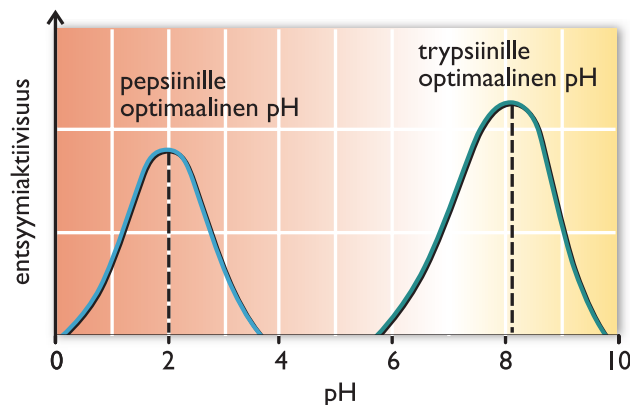
Anabolinen reaktio



Entsyymien toimintaan vaikuttavat lämpötila, pH sekä inhibiittorit. Lämpötilan noustessa entsyymiaktiivisuus kasvaa, mutta vain tiettyyn rajaan asti. Liian korkea lämpötila aiheuttaa entsyymien kolmiulotteisen rakenteen ja samalla aktiivisen kohdan muuttumisen, jolloin entsyymi ei voi enää toimia. Entsyymeillä on tietty optimi- eli ihannelämpötila, missä ne toimivat parhaiten. Esimerkiksi nisäkkäiden, kuten ihmisen, entsyymit toimivat parhaiten $+37\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa. Lämpötilan laskiessa molekyylien lämpöliike hidastuu, jolloin entsyymit ja substraatit eivät kohtaa toisiaan yhtä todennäköisesti ja entsyymitoiminta hidastuu.

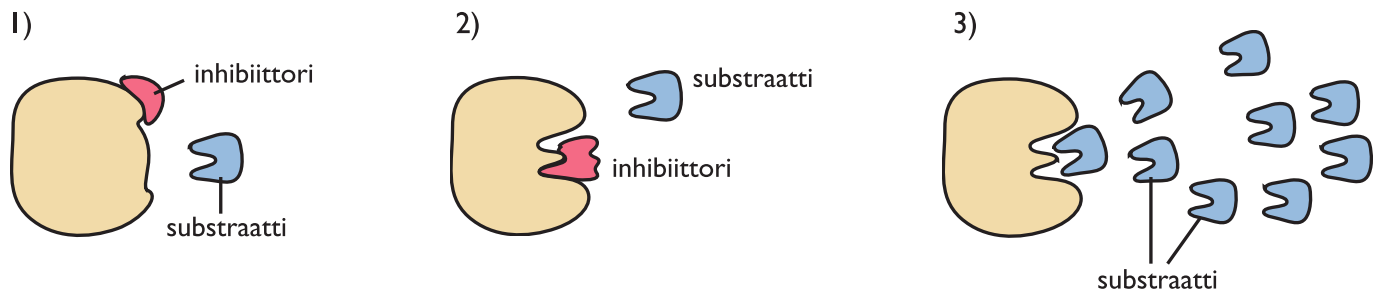


Myös pH:n muutos saa aikaan rakennemuutoksen entsyymin aktiivisessa kohdassa ja vaikuttaa näin entsyymin toimintaan. Useimmat entsyymit toimivat parhaiten, jos pH on välillä 6–8, mutta esimerkiksi mahan pepsinientsyymi toimii parhaiten, kun pH on 2.



Inhibiittorit ovat aineita, jotka voivat pysäyttää entsyymien toiminnan. Ne voivat tehdä sen kolmella eri tavalla: 1) kiinnittymällä substraatin tilalle entsyymien aktiiviseen kohtaan, jolloin substraatti ei pysty kiinnittymään siihen, 2) kiinnittymällä johonkin muuhun kohtaan entsyymissä, jolloin aktiivisen kohdan muoto muuttuu eikä substraatti pysty kiinnittymään siihen, 3) kun reaktion lopputuotetta on syntynyt tarpeeksi, lopputuote voi toimia luonnollisena inhibiittorina ja lopettaa entsyymien toiminnan.

Inhibiittorien toiminta



Solun energia-aineenvaihdunta

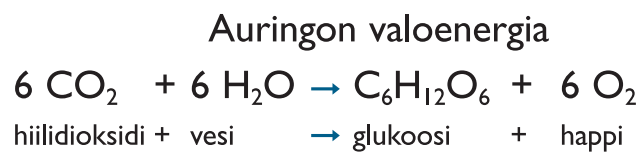
Energian sitomiseen eli yhteyttämiseen pystyvät vain omavaraiset eliöt. Yhteyttämisessä energiaa sidotaan glukoosimolekyylien kemiallisiin sidoksiin. Yhteyttäminen tapahtuu foto- tai kemosynteesin avulla.

Kaikki, sekä oma- että toisenvaraiset eliöt, tarvitsevat energiaa elintoimintoihinsa. Energiaa vapautetaan solussa orgaanisista aineista aerobisissa oloissa soluhengityksen tai anaerobisissa oloissa käymisen avulla. Vapautunut energia sidotaan lyhytaikaisesti ATP-molekyyleihin.

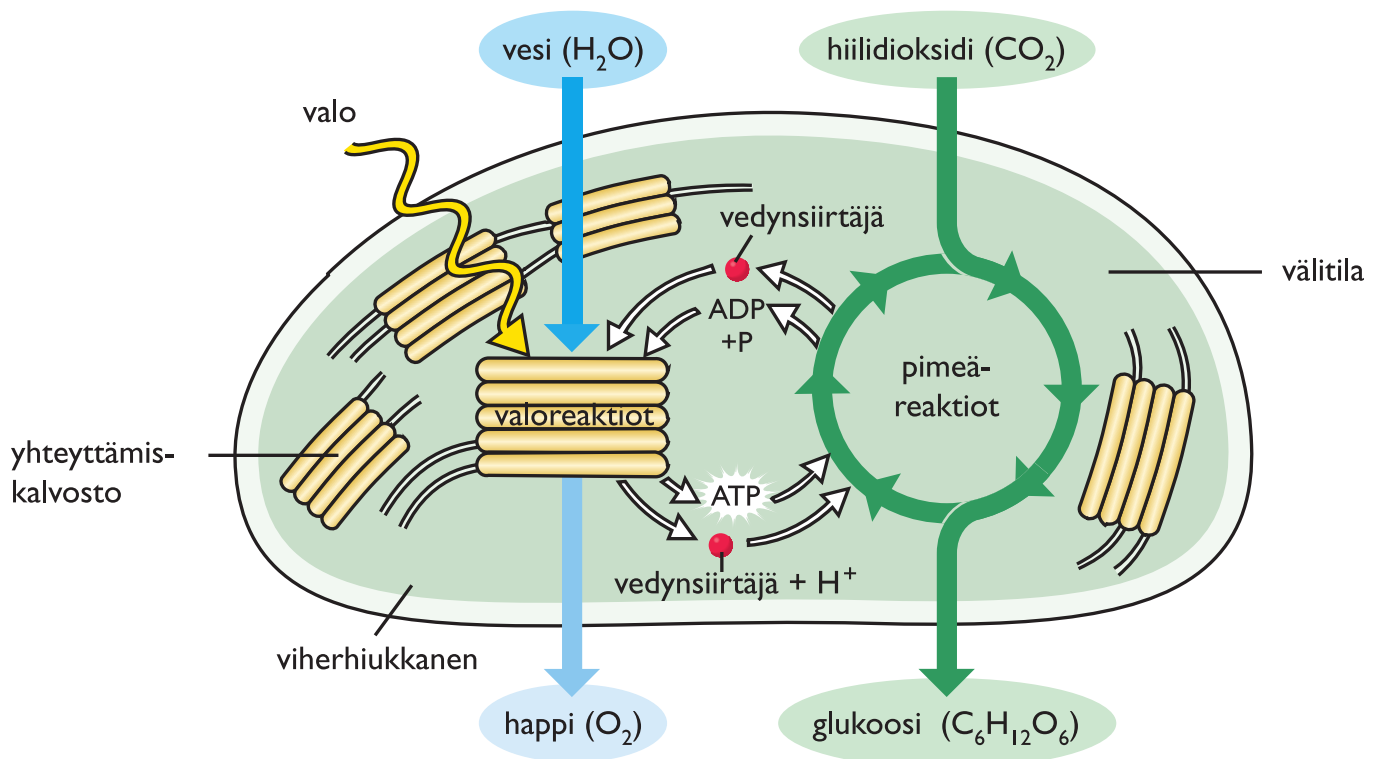


Fotosynteesissä vedestä ja hiilidioksidista valmistuu solun viherhiukkasissa auringon valoenergian avulla glukoosia ja happea. Fotosynteesin reaktiot tapahtuvat kahdessa vaiheessa, valo- ja pimeäreaktioissa. Pimeäreaktiot tapahtuvat välittömästi valoreaktioiden jälkeen. Fotosynteesin tehokkuuteen vaikuttavat valon aallonpituus ja määrä, lämpötila, hiilidioksidin määrä, vesi ja ravinteet. Kasvit pystyvät valmistamaan fotosynteesissä syntyneestä glukoosista kaikkia muita tarvitsemiaan aineita, kuten proteiineja ja lipidejä.

Fotosynteesin kulku voidaan kuvata yksinkertaistaen seuraavalla reaktioyhtälöllä:



Fotosynteesin vaiheet



Fotosynteesin valoreaktiot tapahtuvat viherhiukkasen yhteyttämiskalvostoissa valoenergian avulla. Lähtöaineena on vesi, joka hajoaa vedyksi ja hapeksi. Pimeäreaktiot tapahtuvat viherhiukkasen välitilassa yleensä heti valoreaktioiden jälkeen. Energia reaktioihin saadaan valoreaktiossa syntyvien ATP-molekyylien sidosenergioista. Lähtöaineina ovat vety ja hiilidioksidi, joista syntyy lopputuotteeksi glukoosia.

Glukoosi on solujen tavallisin energianlähde. Soluhengityksessä glukooseista ja hapesta syntyy hiilidioksidia, vettä ja runsaasti ATP-molekyyleihin sitoutuvaa energiaa. Soluhengitys on hyvin monivaiheinen reaktiosarja, ja se tapahtuu solujen mitokondrioissa.



glukoosi + happi → hiilidioksidi + vesi + ATP-molekyyleihin sitoutunutta energiaa

Käymisessä ei tarvita happea. Lihassoluissa glukooseista syntyy käymisen tuloksena maitohappoa, ja hiivasolut tuottavat käymisen tuloksena alkoholia. Käyminen tapahtuu solulimassa, ja ATP-molekyyleihin sitoutuvan energian määrä on paljon pienempi kuin soluhengityksessä.

Soluhengityksen vaiheet

Energian vapauttamisessa on kolme vaihetta:

1. Glykolyysi

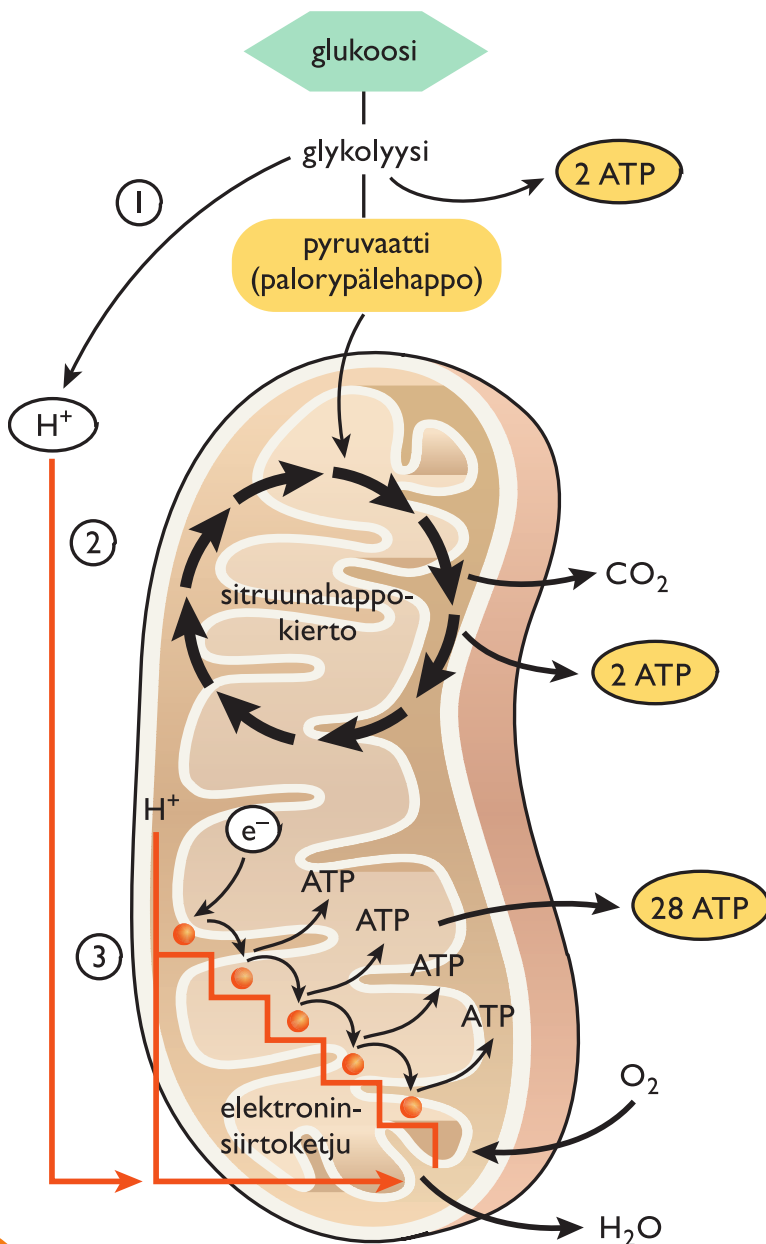
- tapahtuu solulimassa mitokondrion ulkopuolella
- anaerobinen reaktio, eli tapahtuu ilman happea
- glukoosemolekyyli hajoaa kahdeksi pyruvaattimolekyyliksi, ja samalla vapautuu vetyä
- vety liittyy vedynsiirtäjään
- glukoosemolekyylin hajotessa vapautuu pieni määrä energiaa, joka sitoutuu ATP-molekyyleihin

2. Sitruunahappokierto

- tapahtuu mitokondrion sisällä
- glykolyysissä syntyneet pyruvaattimolekyylit hajoavat monimutkaisessa reaktiosarjassa
- syntyy hiilidioksidia ja vetyä
- vety hajoaa edelleen elektroneiksi ja vetyioneiksi
- vedynsiirtäjät kuljettavat vetyionit ja elektroneit kolmanteen vaiheeseen
- vapautuu jonkin verran energiaa, joka sitoutuu ATP-molekyyleihin

3. Elektroninsiirtoketju

- tapahtuu mitokondrioiden sisemmällä kalvolla
- aerobinen eli happea vaativa reaktio
- kalvolla sijaitsevat elektroninsiirtäjät kuljettavat vetyelektroneja siirtäjältä toiselle. Samalla vapautuu runsaasti energiaa, jota sitoutuu ATP-molekyyleihin.
- elektroninsiirtoketjun lopussa happi ottaa vastaan vedyn elektronit ja muodostaa vedyn kanssa vettä



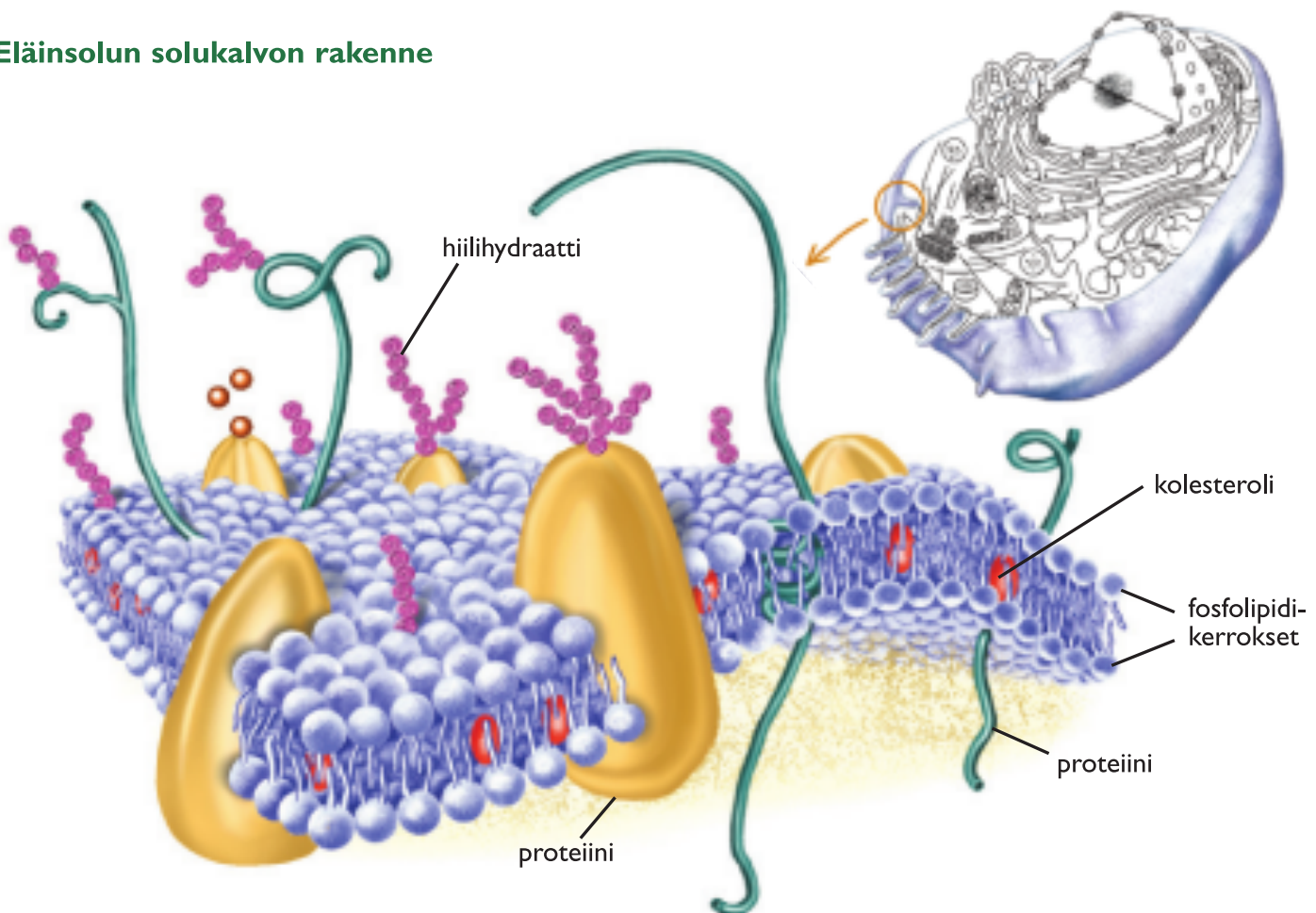
Solukalvon toiminta

Solukalvo muodostuu kahdesta fosfolipidikerroksesta ja erilaisista proteiinimolekyyleistä. Lisäksi eläinsolussa on kolesterolimolekyylejä, jotka sitovat muita solukalvon molekyylejä toisiinsa, niin että kalvo pysyy kiinteänä. Sekä lipidi- että proteiinimolekyylit voivat liikkua kalvolla, joten solukalvon muoto voi muuttua tarpeen mukaan. Solukalvolla ja siinä olevilla proteiineilla on tärkeä merkitys solun toiminnan kannalta.

Kalvoproteiinien tyypit niiden toiminnan mukaan	
Kalvoproteiini	Toiminta
kuljettajaproteiinit	aineiden kuljetus
rakenneproteiinit	solukalvon rakennosia
kiinnittymisproteiinit	solujen kiinnittyminen toisiinsa
reseptoriproteiinit	viestien vastaanotto
ionikanavat	ionien kulku esim. hermosolussa

Solukalvon toiminta
rajaa solua, toimii mekaanisena tukena
ylläpitää solunsisäisiä olosuhteita sellaisina, että solun aineenvaihduntareaktiot pystyvät tapahtumaan
valikoi solun sisään otettavat ja solusta poistettavat aineet
välittää vastaanottaja- eli reseptorimolekyylien vastaanottamat viestit solulimaan ja tumaan
solukalvon pintamolekyylit toimivat solujen tunnistamisessa
solujen väliset liitokset muodostuvat solukalvon avulla
osallistuu solujen väliseen viestintään ja yhteistoimintaan

Eläinsolun solukalvon rakenne



Solukalvo huolehtii aineiden siirtymisestä soluun sisälle ja sieltä ulos. Yksittäisen aineen kuljetustapa riippuu aineen pitoisuudesta, sen kemiallisista ominaisuuksista ja molekyylien koosta. Aineet voivat siirtyä kahdella tavalla solukalvon läpi: passiivisesti kulkeutumalla tai aktiivisesti kuljetettuina.

Aineiden siirtymistavat	Passiivinen	Aktiivinen
Aineen kulkusuunta	• suuremmasta pitoisuudesta pienempään	• pienemmästä pitoisuudesta suurempaan, mutta mahdollista myös suuremmasta pienempään
Energiantarve	ei tarvita energiaa	tarvitaan ATP-energiaa
Eri tavat	1. diffuusio • pienet molekyylit, esim. happi • rasvaliukoiset aineet 2. osmoosi eli veden diffuusio 3. avustettu diffuusio • isot molekyylit, esimerkiksi glukoosi ja aminohapot kuljettaja-proteiinien kautta • varautuneet ionit ionikanavien kautta	1. ionipumput • esimerkiksi hermosolun natrium-kalium- pumppu 2. kuljettajaproteiinit 3. endosytoosi eli solusyönti • suuret molekyylit, bakteerit 4. eksosytoosi • suuret molekyylit

TEHTÄVÄT

1. Solun aineenvaihduntaan liittyviä käsitteitä

Määrittele seuraavat käsitteet ja selitä, miten ne liittyvät toisiinsa. (1 p/kohta)

- entsyymi – substraatti
- entsyymin aktiivinen kohta – inhibiittori
- kemosynteesi – fotosynteesi
- soluhengitys – käyminen
- ionikanavat – ionipumput
- diffuusio – osmoosi

2. Paprikaviipaleet eri vahvuisissa sokeriliuoksissa

Paprikasta leikattiin 18 kappaletta saman-kokoisia viipaleita. Viipaleet jaettiin eri vahvuisiin sokeriliuoksiin niin, että jokaiseen liuokseen tiputettiin kolme viipaletta. Loput kolme palaa laitettiin pelkkään tislattuun veteen. Viipaleiden paino mitattiin ennen liuoksiin laittamista. Niiden annettiin olla 30 minuuttia liuoksissa ja sen jälkeen ne punnittiin uudelleen. Tuloksista laskettiin kolmen viipaleen keskiarvot.

- Laske viipaleiden painonmuutos. Piirrä aineistosta diagrammi. (1 p)
- Mitä ilmiötä kokeessa tutkitaan? (1 p)
- Analysoi diagrammia. Miten ja miksi viipaleiden paino muuttuu eri vahvuisissa liuoksissa? (3 p)
- Määritä paprikaviipaleiden osmoottinen väkevyys diagrammin perusteella. Perustele vastauksesi. (1 p)

Liuoksen väkevyys (M)	Viipaleen paino alussa (g)	Viipaleen paino lopussa (g)	Painon muutos %
0,0	1,50	1,90	
0,2	1,50	1,76	
0,4	1,50	1,50	
0,6	1,50	1,34	
0,8	1,50	1,20	
1,0	1,50	1,02	

3. Entsyymien toiminta

yo k-12

- Alla olevasta taulukosta ilmenee erään entsyymin toiminta lopputuotteen määränä eri lämpötiloissa. Piirrä annettujen tietojen perusteella diagrammi. (1 p)
- Määritä entsyymin optimilämpötila. Päättele tämän entsyymin luonnollinen toimintaympäristö. (1 p)
- Mikä selittää tuloksen välillä +45 °C–55 °C? (2 p)
- Mainitse muita tekijöitä, jotka vaikuttavat entsyymien toimintaan. (2 p)

lämpötila	lopputuote
0 °C	0,0 g/min
+ 5 °C	1,0 g/min
+10 °C	3,0 g/min
+15 °C	5,0 g/min
+20 °C	8,0 g/min
+25 °C	14,0 g/min
+30 °C	19,5 g/min
+35 °C	20,5 g/min
+40 °C	20,0 g/min
+45 °C	15,0 g/min
+50 °C	5,0 g/min
+55 °C	0,0 g/min
+60 °C	0,0 g/min

4. Solukalvon rakenne ja toiminta

yo k-13

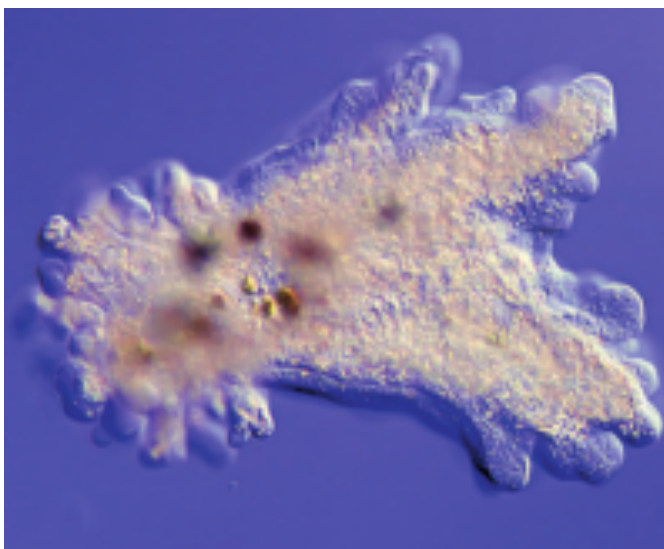
- Piirrä kaavakuva solukalvon perusrakenteesta ja nimeä osat. (3 p)
- Selosta, miten avustettu (helpotettu) diffuusio ja aktiivinen kuljetus tapahtuvat. (3 p)

5. Ameeban aineidenottotavat

yo s-08

Ameeba on pieni protoktisti eli alkueliö.

- Mikä on protoktistien asema eliökunnan järjestelmässä? Perustele. (2 p)
- Oheinen kuva esittää amebaa. Selitä, miten ameba saa soluruumiiseensa happea, vettä ja suurimolekyylisiä ravintohiukkasia sekä miten se poistaa kiinteät jätteet ja aineenvaihdunnassa muodostuneen hiilidioksidin. Käytä vastauksessasi seuraavia käsitteitä: diffuusio, eksosytoosi, endosytoosi ja osmoosi. (4 p)



6. Eliöitä koeputkissa

yo k-09

Käytännön kokeen avulla pyrittiin vertailemaan eläinten ja kasvien toimintaa valossa ja pimeässä. Neljään eri koeputkeen pipetoitiin aluksi muutama pisara vettä. Putkeen 1 pantiin kasteliero, putkeen 2 voikukan lehti, putkeen 3 kasteliero ja voikukan lehti. Putkeen 4 ei lisätty mitään. Sen jälkeen putket suljettiin ja niitä säilytettiin huoneenlämmössä. Selitä, millaisia muutoksia tapahtuu hiilidioksidin ja hapen määrissä, kun

- ensimmäisessä kokeessa koeputkia pidetään pimeässä 6 tuntia ja
- toisessa kokeessa samanlaisia koeputkia pidetään valossa 6 tuntia. (6 p)

7. Hiivasolu aerobisissa ja anaerobisissa oloissa

yo k-09

Olutta valmistettaessa hiivasolut (*Saccharomyces cerevisiae*) käyttävät ohramaltaiden glukoosia ensin aerobisissa ja sitten anaerobisissa oloissa.

- Määrittele käsitteet aerobinen ja anaerobinen. Millä nimellä kutsutaan energian vapauttamistapoja näissä oloissa?
- Vertaile näiden reaktioiden lopputuotteita ja vapautuvan energian määriä.
- Kumpi energian vapauttamistavoista on evolutiivisesti vanhempi? Perustele päätelmäsi. (6 p)

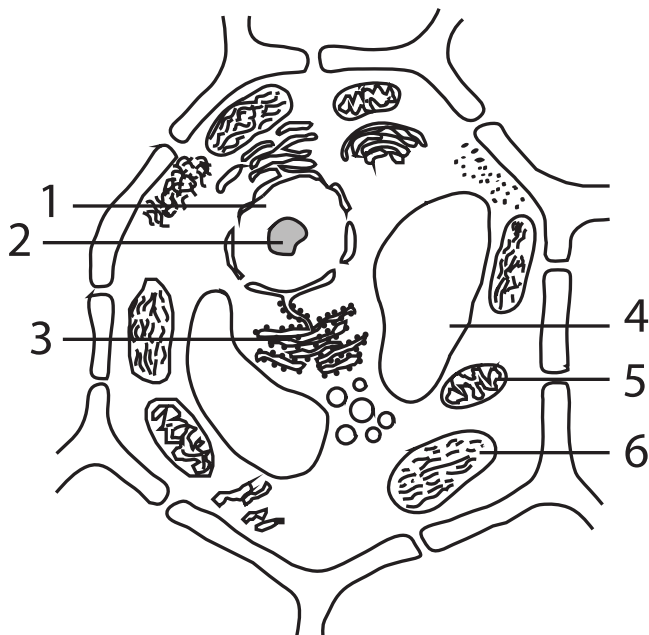
8. Entsyymien toiminnan tutkiminen

Pepsiini on entsyymi, joka pilkkoo proteiineja. Suunnittele tutkimus, jonka avulla selvität, missä happamuudessa pepsiini toimii parhaiten. (6 p)

9. Solu ja fotosynteesi

yo s-09

Nimeä kuvan numeroidut soluelimet. Selosta lyhyesti, mikä niistä on keskeinen kasvisolun valmistuksessa glukoosia ja perustele, miksi. (6 p)



+10. Fotosynteesin tehokkuus ja sen tutkiminen

Taulukossa on esitetty lämpötilan vaikutus kahden heinäkasvin fotosynteesiin.

- Piirrä annetusta aineistosta diagrammi. (1 p)
- Mikä on heinäkasvien fotosynteesiteho, kun lämpötila on +22 °C? (1 p)
- Kumpi kasvilaji kasvaa todennäköisesti paremmin tropiikissa? Perustele vastauksesi. (1 p)
- Miksi hyvin korkeassa lämpötilassa fotosynteesiteho heikkenee? (1 p)
- Mitkä muut tekijät vaikuttavat kasvin fotosynteesin tehokkuuteen ja millä tavoin? (2 p)
- Suunnittele yksinkertainen tutkimus, jolla osoitat jonkin fotosynteesiin tehokkuuteen liittyvän tekijän ja tutkit tuon tekijän vaikutusta. (3 p)

Lehden lämpötila °C	Fotosynteesiteho (absorboitu $\mu\text{mol CO}_2$) <i>Agropyron sp.</i>	Fotosynteesiteho (absorboitu $\mu\text{mol CO}_2$) <i>Bouteloua sp.</i>
10	23	10
15	26	15
20	30	19
25	31	24
30	30	30
35	27	35
40	20	39
45	10	38

11. ATP:n muodostaminen solussa s-11

Miten seuraavat solut muodostavat tarvitsemansa ATP:n? Vastaa kuhunkin kohtaan (a–f) lyhyesti (parilla rivillä). (6 p)

- lihassolu
- koivun lehden solu
- mäntykukan solu (lehtivihreätön marraskasvi)
- jäkälän viherleväosakas
- jäkälän sieniosakas
- kolibakteeri

6 Geenit sisältävät solujen toimintaan tarvittavan informaation



Yksi kaikille eliöille yhteinen piirre on perinnöllisen informaation sisältäminen. Perinnöllinen informaatio on tallennettuna DNA:n sisältämien nukleotidien emäsjärjestykseen. DNA:n rakenne ja koodikieli on sama kaikilla lajeilla, mikä kertoo eliöiden yhteisestä alkuperästä. Eliöiden perimää kartoitettaessa on huomattu, että lähisukuisten lajien geenit ovat hyvin samanlaisia. Lajien erilaisuus johtuukin pitkälti tavasta lukea eri tavoin samoja geenejä.

DNA:n koodikieli on sama kaikilla eliöillä

Kaikilla eliölajeilla perinnöllinen informaatio on DNA:ssa eli deoksiribonukleiinihapossa. Geeneiksi kutsutaan niitä DNA:n jaksoja, jotka sisältävät informaation proteiinien tai RNA-molekyylien rakentamiseksi. Geenin perusrakenne ja proteiinisynteesin pääperiaate ovat samanlaisia kaikissa soluissa. Esitumallisen ja tumallisen solun välillä on kuitenkin eroja kromosomien ja geenien rakenteessa, proteiinisynteesissä ja geenitoiminnan säätelyssä.

Esitumallisen ja tumallisen solun kromosomien rakenteessa on useita eroja

Solu	Kromosomien määrä ja muoto	Pakkautuminen	DNA sisältää	Geenien määrä
esitumallinen	• yksi rengasmainen • myös erillisiä plasmidirenkaita	• DNA ja proteiineja • löyhästi pakattu	• vain geenejä	• vähän geenejä
tumallinen	• useita pitkänomaisia	• DNA ja histoniproteiinit • DNA moninkertaisesti ja tiukasti pakattu	• geenejä ja niiden ulkopuolisia alueita, mm. toistojaksoja ja sammuneita geenejä	• paljon geenejä

Soluissa on kahdenlaista nukleiinihappoa

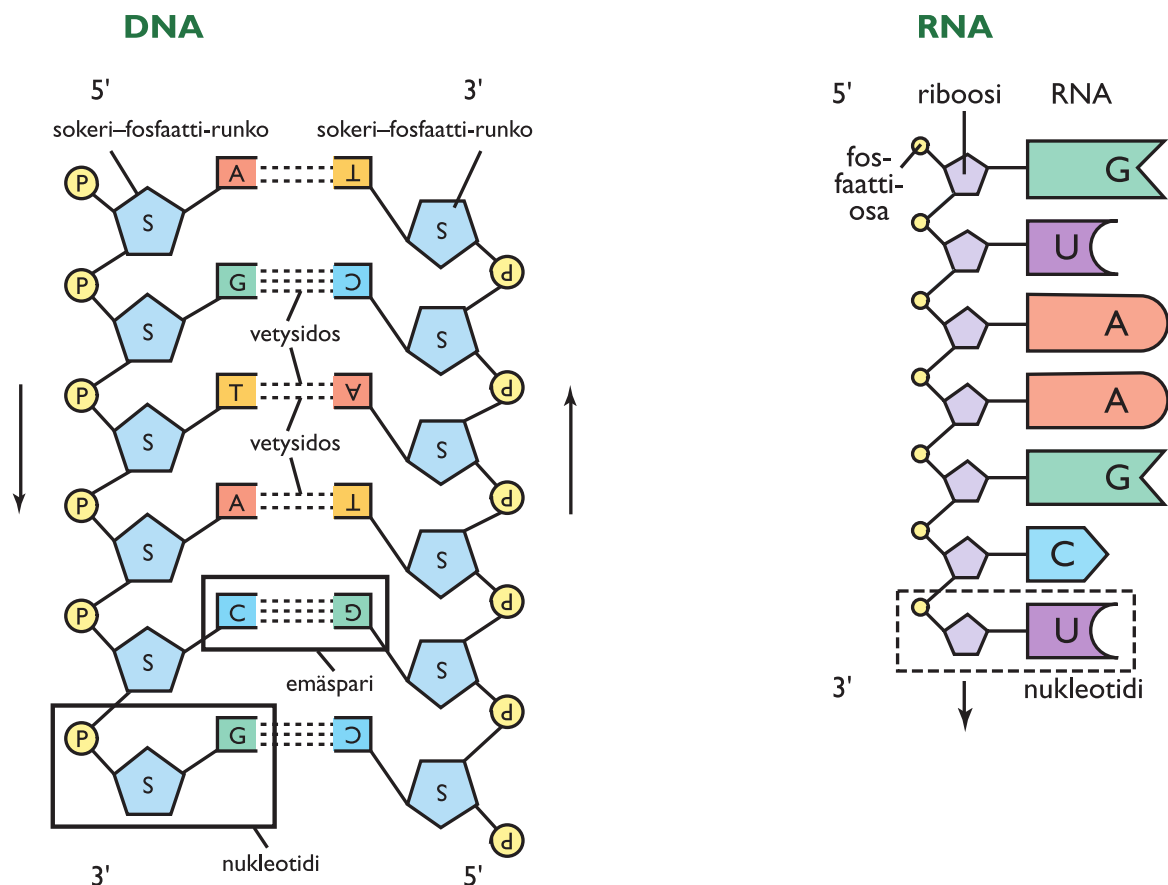
Solun nukleiinihappoja ovat DNA ja RNA. Niiden rakenne ja tehtävät poikkeavat toisistaan. DNA:ta on kromosomien lisäksi bakteerien ja hiivasolujen plasmideissa sekä tumallisten solujen viherhiukkasissa ja mitokondrioissa.

DNA on rakenteeltaan tikapuita muistuttava kaksoisjuoste, jonka kumpikin juoste rakentuu lukuisista toisiinsa liittyneistä nukleotideista. Nukleotidi puolestaan koostuu sokeri-, fosfaatti- ja emäsosasta. Emäksiä on neljää erilaista, ja ne kykenevät pariutumaan keskenään emäspariperiaatteen mukaisesti: adeniini (A) kykenee muodostamaan vetysidoksia vain tymiinin (T), ja guaniini (G) sytosiinin (C) kanssa. Geneettinen informaatio on tallentunut näiden neljän emäksen avulla.

RNA on toinen soluissa tavattava nukleiinihappo. Se koostuu DNA:n tapaan nukleotideista, mutta niiden sokerina on deoksiribosin tilalla riboosi ja tymiiniemäksen tilalla on urasiili. RNA on lisäksi useimmiten yksijuosteinen ja DNA:han verrattuna pieni, ja se sisältää enintään muutamia tuhansia nukleotideja.

DNA:n ja RNA:n rakenne

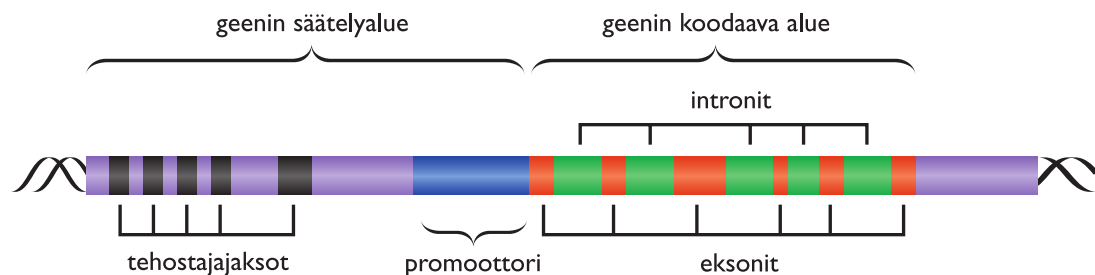
	Nukleiinihappo	
	DNA	RNA
Sokeri	• deoksiriboosi	• riboosi
Emäkset	• adeniini • tymiini • guaniini • sytosiini	• adeniini • urasiili • guaniini • sytosiini
Emäsparit	• A–T • G–C	• A–U • G–C
Nukleotidi	• deoksiriboosiosa • fosfaattiosa • emäsosa	• riboosiosa • fosfaattiosa • emäsosa
Juosteiden määrä	• kaksi, kietoutuneet spiraalille toistensa ympärille	• yksi
Merkitys	• perinnöllisen tiedon varastointi • perinnöllinen tieto luetaan emäskolmikkoina	• perinnöllisen tiedon välitys • geenien ilmentymisen säätely • useita tyyppejä: mm. lähetti-RNA, ribosomi-RNA, siirtäjä-RNA



Geenin rakenne

Tumallisen solun geeni koostuu säätelyalueesta, tehostajajaksoista ja koodaavasta alueesta. Ennen koodaavaa aluetta olevaan säätelyalueeseen eli promootoriin kiinnittyy geenin luennan aloittava RNA-polymeraasientsyymi, joka rakentaa esiaste-RNA:n. Geenin koodaava alue koostuu informaatiota sisältävistä DNA-jaksoista, eksoneista, ja informaatiota sisältämättömistä jaksoista, introneista.

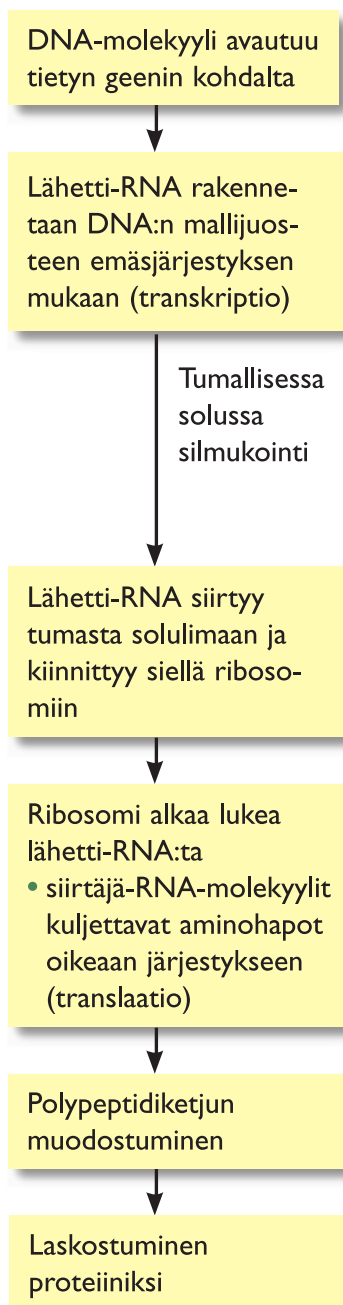
Tumallisen solun geenin rakenne



Esitumallisessa solussa geenin koodaavalla alueella ei ole lainkaan introneita. Koodaavan alueen edessä on säätelyalue, joka voi olla usean geenin yhteinen. Tällaista yhden säätelyalueen perään ryhmittynyttä geeniryhmää sanotaan operoniksi.

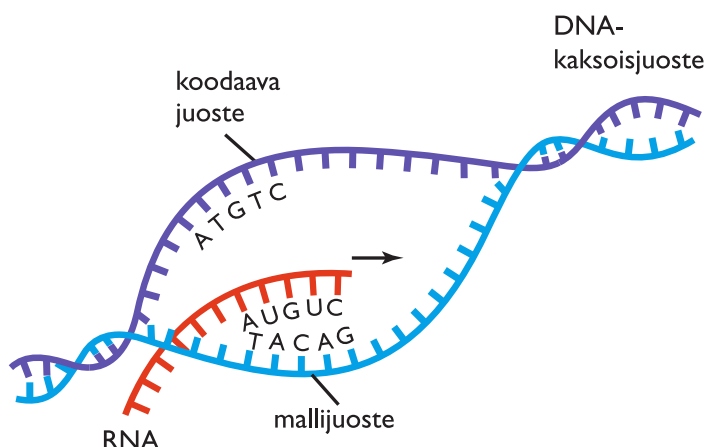
Proteiinisynteesissä tarvittavat RNA-tyypit ja niiden tehtävät

Proteiinisynteesin päävaiheet



Proteiinin rakennusohjeet eli proteiiniin tulevien aminohappojen määrä ja järjestys ovat DNA:ssa. RNA:n avulla rakennusohje ”käännetään” aminohappoketjuksi. Proteiinisynteesissä tarvitaan kolmenlaista RNA:ta: lähetti-RNA:ta, ribosomi-RNA:ta ja siirtäjä-RNA:ta.

RNA-polymeraasientsyymi rakentaa lähetti-RNA:n tumassa RNA-synteesissä (transkriptio) DNA:n ohjeen mukaan. DNA:ssa on kaksi juostetta: koodaava juoste ja mallijuoste. Lähetti-RNA rakennetaan mallijuosteen emäsjärjestyksen mukaan, joten lähetti-RNA:ssa on sama emäsjärjestys kuin koodaavassa juosteessa (tymiinin tilalla urasiili). Solulimassa siirtäjä-RNA-molekyylit kuljettavat aminohapot oikeaan järjestykseen aminohappoketjuksi (translaatio). Ribosomi-RNA muodostaa osan ribosomin rakenteesta. Lähetti-RNA:n lukeminen ja aminohappojen kokoaminen aminohappoketjuksi tapahtuu solulimassa ribosomin pinnalla ribosomin toimiessa katalyyttinä.

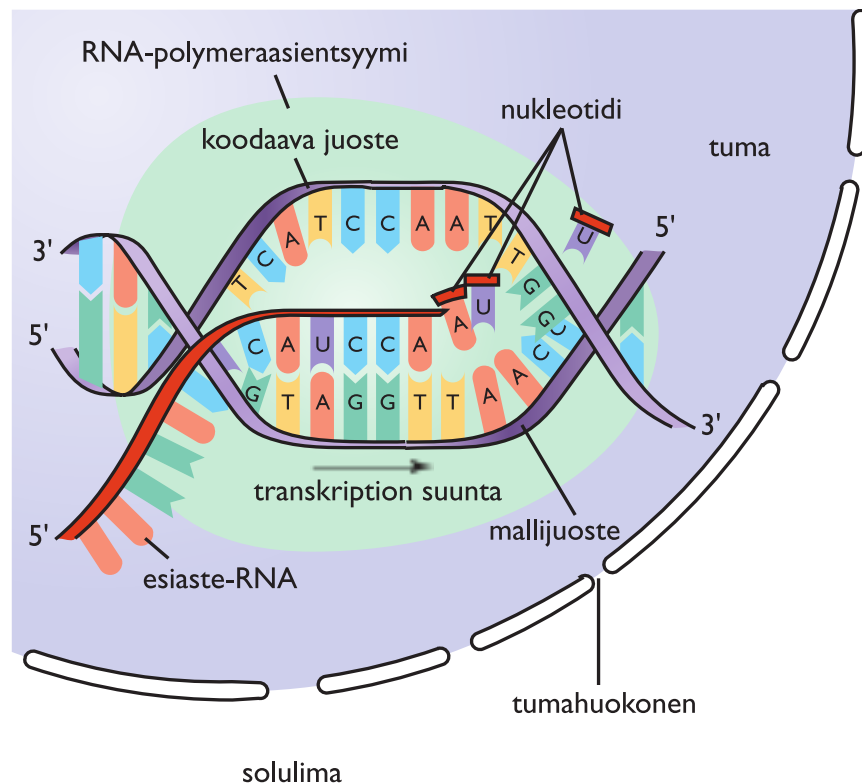


Proteiinisynteesi ja geenin ilmentymisen säätely tumallisessa solussa

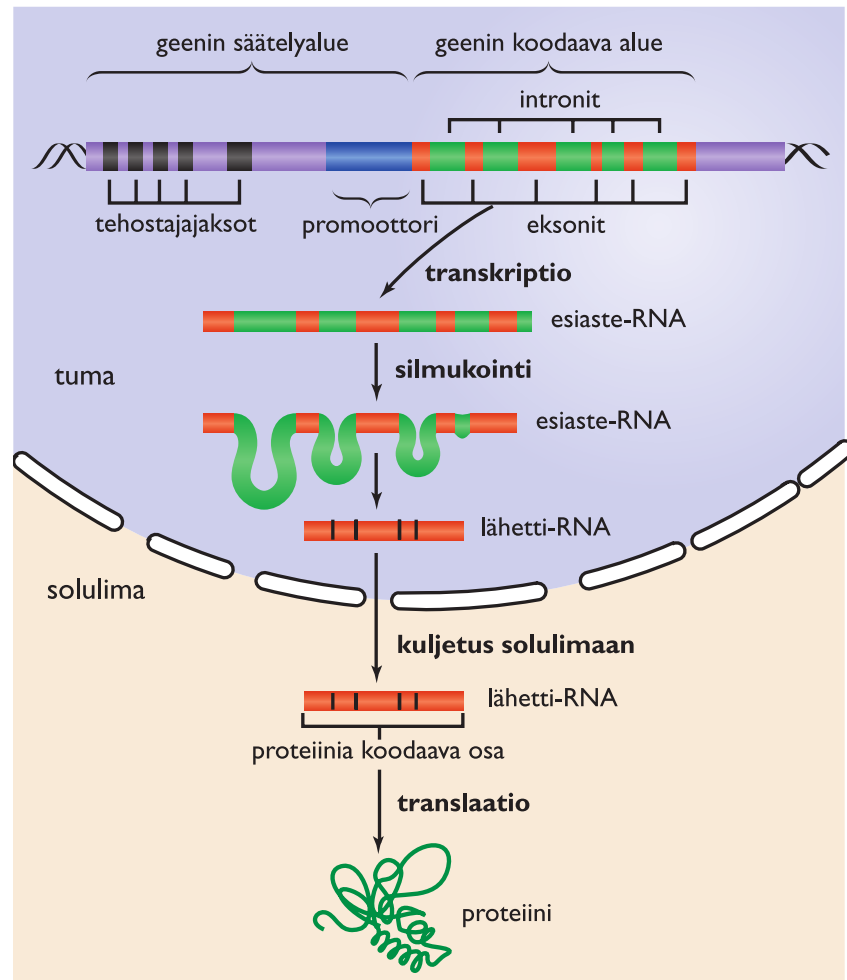
1. Esiaste-RNA:n rakentuminen

Osa tumallisen solun geeneistä on inaktiivisia eli toimimattomia. Geenin aktivoituminen tapahtuu säätelyalueeseen kiinnittyvien proteiinimolekyylien avulla. Geenin luenta alkaa, kun RNA-polymeraasientsyymi tarttuu mallina toimivan DNA-juosteen promoottoriin. RNA-polymeraasi etenee nukleotidi kerrallaan liittäen aina nukleotidia vastaavan vastinnukleotidin emäspariperiaatteen mukaisesti syntyvään RNA-ketjuun. Tuloksena on esiaste-RNA, jossa myös intronialueet ovat mukana. Tässä vaiheessa geenin luen-
nan tehokkuutta voidaan säädellä tehostajaksoihin kiinnittyvien säätelyproteiinien avulla. Siihen tarvitaan säätelyalueen tehostajaksoja, joiden tehtävänä on purkaa auki pakkautunutta kromatiinirihmaa, tunnistaa promoottori ja auttaa RNA-polymeraasia tarttumaan siihen.

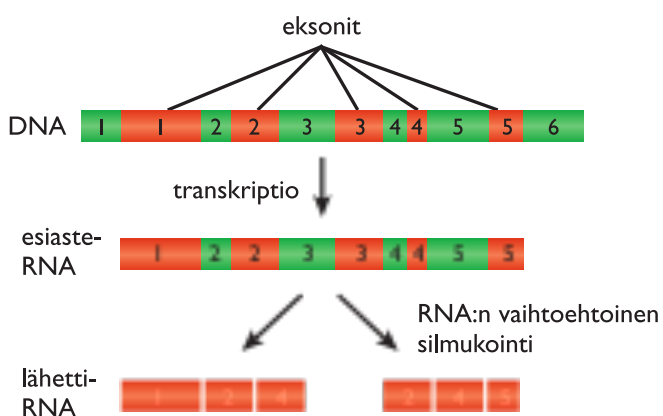
Esiaste-RNA:n rakentuminen



Silmukointi



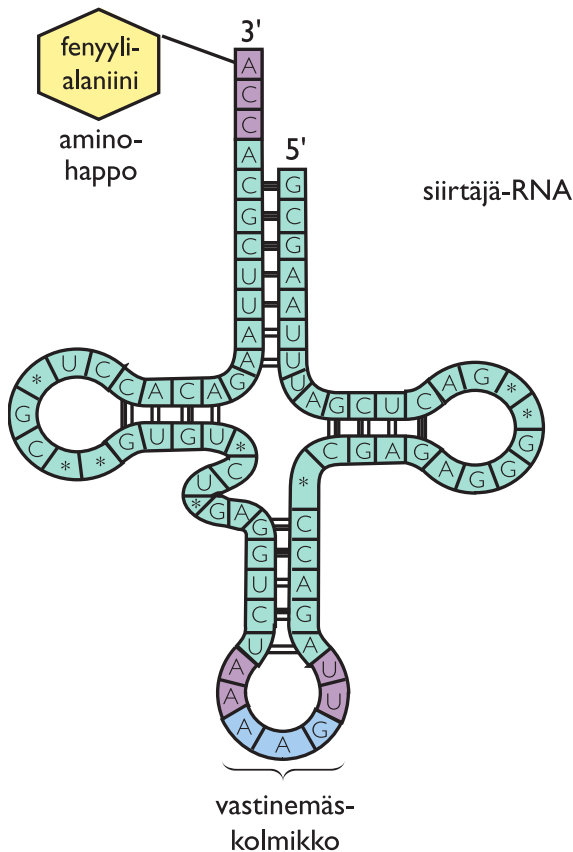
Vaihtoehtoinen silmukointi



2. Silmukointi

Esiaste-RNA:n ohjeen mukaan ei voi syntyä proteiinia, koska esiaste-RNA:ssa ovat mukana myös intronit. Lukuisat silmukointiin osallistuvat entsyymit poistavat esiaste-RNA:sta intronit, ja valmis lähetti-RNA kuljetetaan solulimaan ribosomille. Introneja voidaan leikata pois eri tavoin ja siten vaikuttaa syntyvän proteiinin rakenteeseen. Vaihtoehtoista silmukointia ohjaavat solun sisäiset tai ulkoiset viestit.

Siirtäjä-RNA-molekyylit

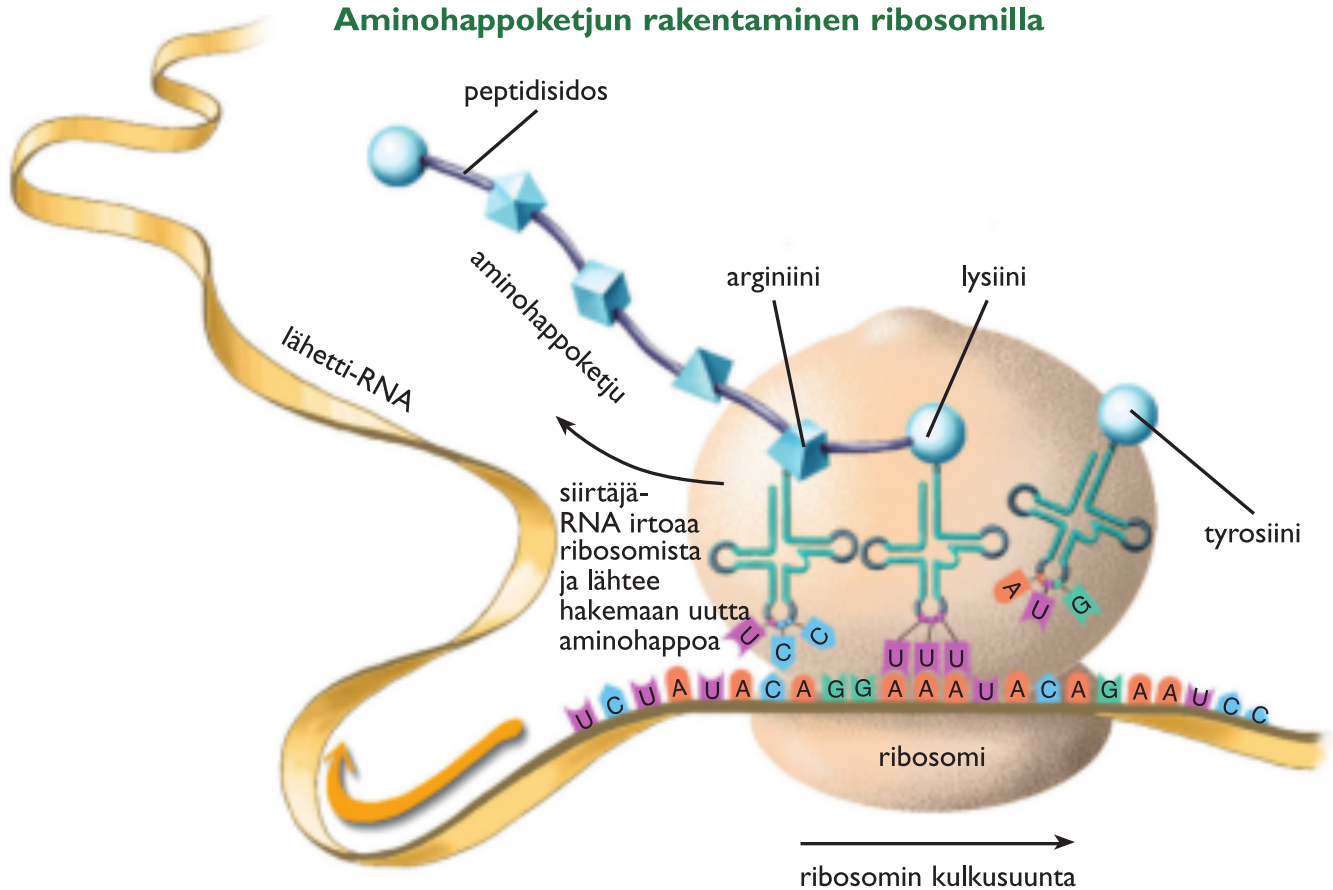


3. Aminohappoketjun rakentaminen

Siirtäjä-RNA-molekyylit kuljettavat aminohapot ribosomille ja järjestävät ne ketjuksi geenin koodaamaan järjestykseen. Siirtäjä-RNA-molekyylit tunnistaa oikean kohdan lähetti-RNA:sta oman tunnistusemäskolmikkonsa perusteella.

Ribosomi on pieni soluelin, joka koostuu proteiineista ja RNA:sta. Se liikkuu lähetti-RNA:ta pitkin liittäen aminohappoja toisiinsa lähetti-RNA:n sisältämän geneettisen koodin perusteella. Ribosomiin on kiinnittyneenä kaksi siirtäjä-RNA:ta, joista toinen on kiinni kasvavassa aminohappoketjussa, ja toinen tuo aminohappoketjuun seuraavan aminohapon. Aminohappojen välille muodostuu peptidisidos. Tämän jälkeen ribosomi siirtyy yhden emäskolmikon verran eteenpäin ja liittää ketjuun uuden aminohapon. Geenin luentaa voidaan tehostaa siten, että samaa lähetti-RNA-molekyylit luetaan useaan kertaan.

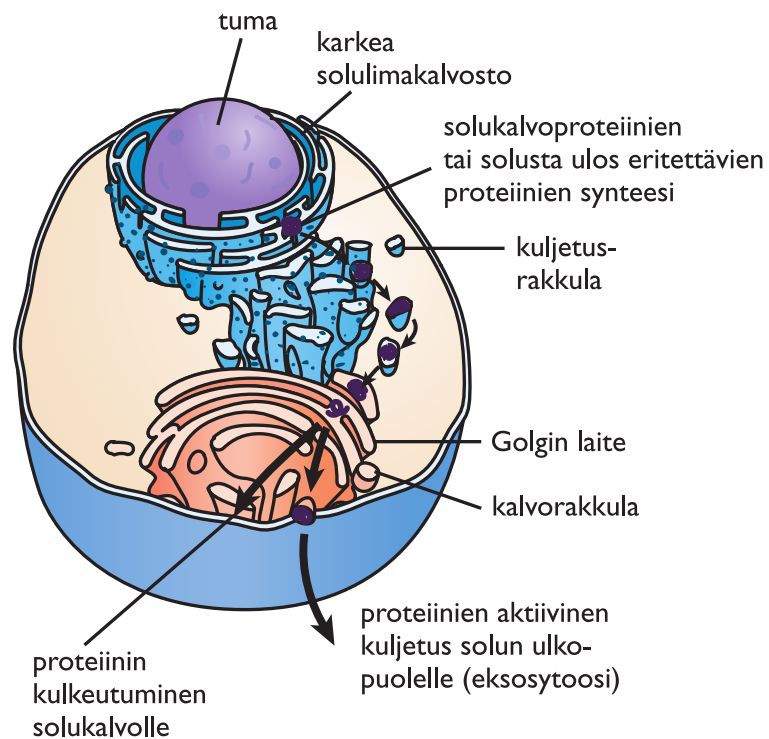
Aminohappoketjun rakentaminen ribosomilla



4. Aminohappoketjusta proteiiniksi

Valmis aminohappoketju irtoaa ribosomista ja saa kolmiulotteisen rakenteen. Jos proteiini tuotetaan solun omaan käyttöön, se rakennetaan solulimassa olevissa vapaissa ribosomeissa. Mikäli kyse on solusta ulos eritettävästä tai solukalvon proteiinista, tapahtuu aminohappoketjun rakentaminen ribosomeissa, jotka ovat solulimakalvoston pinnalla (karkea solulimakalvosto). Sitten proteiini kuljetetaan Golgin laitteeseen, missä sitä vielä muokataan, siihen liitetään ”osoitelappu” (hiilihydraattiosa) ja se pakataan kalvorakkulaan. ”Osoitelapun” avulla proteiini kulkeutuu oikeaan paikkaan joko solukalvolle tai solusta ulos.

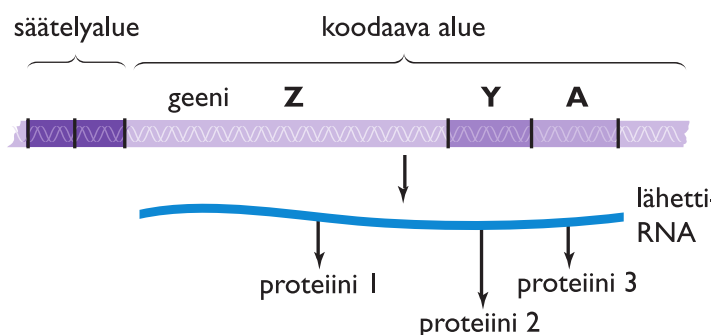
Solukalvoproteiinien ja solusta ulos eritettävien proteiinien käsittely- ja kuljetusreitti



Esitumallisen solun proteiinisynteesi ja geenin ilmentymisen säätely

Koska esitumallisen solun geeneissä ei ole introneita, niillä ei ole silmukointiin tarvittavia entsyymejäkään. Lähetti-RNA rakennetaan suoraan geenin koodaavan alueen informaation perusteella ilman esiaste-RNA-vaihetta ja silmukointia. Tämän vuoksi tumallisen eliön geeniä ei voi geenitekniikassa suoraan siirtää bakteerisoluun, koska bakteerisolu ei osaa poistaa siitä introneita, ja siksi ei proteiiniakaan voi syntyä.

Koska esitumallisen solussa ei ole tumaa, ovat sekä DNA että ribosomit solulimassa. Näin aminohappoketjun rakentuminen voi alkaa heti, kun lähetti-RNA:ta alkaa syntyä. Tästä syystä proteiinien tuotanto on nopeaa. Samaan aineenvaihduntareittiin liittyvien entsyymien geenit sijaitsevat peräkkäin operonina yhteisen säätelyalueen perässä, mikä myös nopeuttaa proteiinien tuotantoa.



Useimmat bakteerin tarvitsemat aineet rakennetaan vaiheittain peräkkäisissä kemiallisissa reaktioissa. Jokaista reaktiota varten tarvitaan eri entsyymi, jolla on oma geeninsä. Reaktiosarjojen geenit ovat yleensä ryhmittyneet yhteisen säätelyalueen perään. Tätä säätelyalueen ja siihen liittyvien geenien kokonaisuutta kutsutaan operoniksi. Operonit ovat yksinkertainen ja tehokas tapa tuottaa sopiva määrä reaktiosarjaan tarvittavia entsyymeitä.

Esitumallisessa solussa geenin toimintaan vaikuttaa suuresti sen elinympäristö. Esimerkiksi ympäristön ainepitoisuudet vaikuttavat siihen, aktivoituvatko jotkut geenit vai eivät. Geenitoiminnan säätely on muutenkin yksinkertaisempaa, koska säätelyalueelta puuttuvat tehos-
tajakaksot.

TEHTÄVÄT

1. DNA:n rakenne

- a. Jos DNA-molekyylissä on tymiiniä 17 %, kuinka paljon siinä on muita emäksiä? Perustele vastauksesi. (3 p)
- b. Piirrä DNA-molekyyli, jossa on 10 nukleotidia. (3 p)

2. Käsiteparien selitys

Selitä, mitä seuraavat käsitteet tarkoittavat ja miten ne liittyvät toisiinsa. (6 p)

- introni – eksoni
- koodaava juoste – mallijuoste
- lähetti-RNA – siirtäjä-RNA
- geenin säätelyalue – koodaava alue
- transkriptio – translaatio
- esiaste-RNA – silmukointi

3. Antibiootit ja proteiinisynteesi

Oheisessa taulukossa on esitetty eräiden antibioottien vaikutustapa solutasolla.

Käytä taulukon tietoja apuna ja selitä, miksi

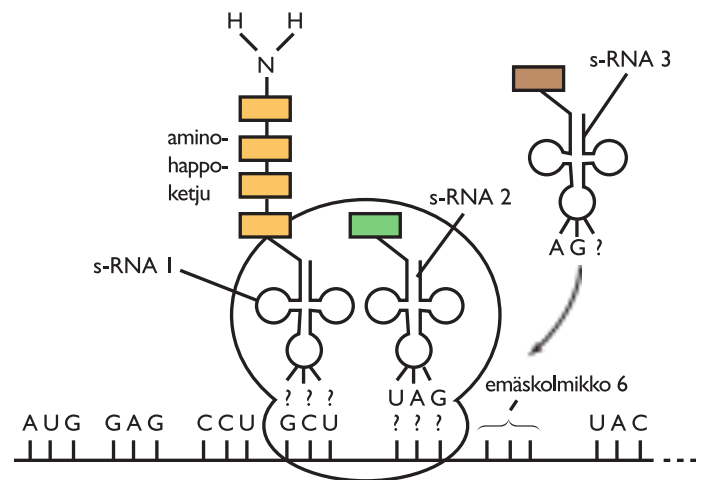
- penisilliini tuhoaa bakteerisoluja tehokkaasti, mutta ei tehoa sienisoluihin. (2 p)
- streptomysiiniä ei voi käyttää lääkkeeksi virustauteihin (2 p)
- mitomysiini C:llä käsitellyissä soluissa ei voi tapahtua proteiinisynteesiä (1 p)
- mitomysiini C voi olla tehokas syövän hoidossa. (1 p)

Antibiootti	Vaikutustapa
Penisilliini	Estää bakteerin soluseinän rakentumisen.
Streptomysiini	Muuttaa bakteerisolujen ribosomien rakennetta siten, että proteiinisynteesi pysähtyy.
Mitomysiini C	Liittää DNA-juosteet toisiinsa kiinni vahvoilla kemiallisilla sidoksilla, juosteet eivät pysty erkanemaan toisistaan.

4. Emäskolmikot

Käytä apunasi sivulla 278 olevaa taulukkoa lähetti-RNA:n emäskolmikoista, kun vastaat piirrokseen liittyviin kysymyksiin. (6 p)

- Mitkä ovat syntyvän proteiinin neljä ensimmäistä aminohappoa?
- Mikä on siirtäjä-RNA 1:n tunnistusemäskolmikko?
- Mikä on siirtäjä-RNA 2:n tunnistusemäskolmikka vastaava emäskolmikko lähetti-RNA:ssa?
- Mitä aminohappoa siirtäjä-RNA 2 kuljettaa?
- Mitkä ovat lähetti-RNA:n kuudennen emäskolmikon mahdolliset emäkset?
- Mitä seuraisi, jos lähetti-RNA:n seitsemännen emäskolmikon UAC kohdalla tapahtuisi geenimutaatio siten, että sytosiini korvautuisi guaniinilla? Perustele vastauksesi.



5. Geenin rakenne

Selosta, mikä on geeni ja mistä toiminnallisista osista se rakentuu. (6 p)

6. DNA:n ja RNA:n vertailua

yo s-06

Miten aitotumallisen solun DNA ja RNA eroavat rakenteeltaan ja tehtäviltään, ja missä niiden toiminta tapahtuu?

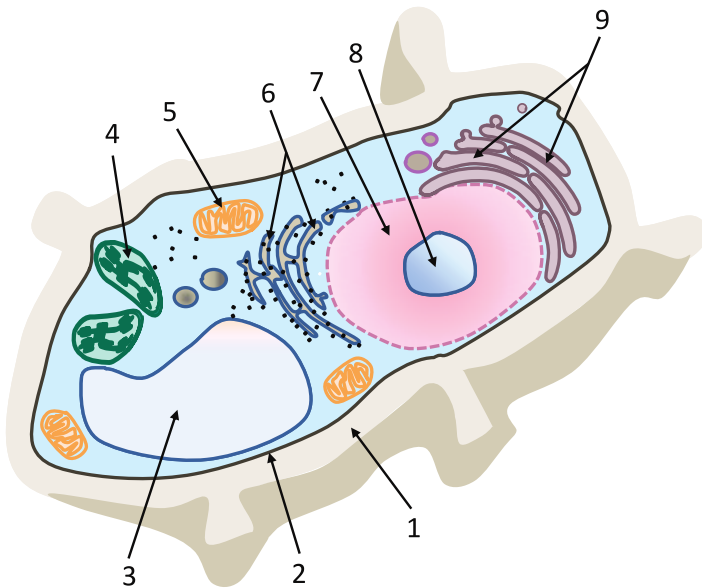
Esitä vertailu lyhyesti vastauspaperillasi mallin mukaisena taulukkona. (6 p)

	DNA	RNA
Rakenne		
Tehtävät		
Toimintapaikka solussa		

7. Solun osat ja proteiinisynteesi

yo s-12

- Tunnista kuvasta solun osat 1–9. (2 p)
- Onko kyseessä eläin-, kasvi- vai bakteerisolun? Perustele vastauksesi. (1 p)
- Perustele, mitkä osoitetuista solurakenteista ovat välttämättömiä proteiinisynteesissä. (3 p)



8. Emäskolmikot ja aminohapot

yo k-10

Alla oleva taulukko esittää DNA:n mallijuosteen emäskolmikkoja ja niitä vastaavia aminohappoja.

- Tutkittaessa erään entsyymin lähetti-RNA:ta löytyi molekyylin keskivaiheilta seuraava emäs-järjestys: 5'...UAU CCC CUG UAG CUU AAA AAG AGA ... Mitä voit tämän perusteella päätellä tuotettavan entsyymin primaarirakenteesta ja toimivuudesta? (3 p)
- Ihmisen genomissa on arviolta 15 miljoonaa kohtaa, joissa yksilöiden välisessä vertailussa voidaan osoittaa yhden emäksen muutos. Miksi yhden emäksen muutokset eivät välttämättä aiheuta fenotyyppimuutoksia? (1 p)
- Esittele jokin menetelmä, jolla yksittäiset DNA:n emäsmuutokset voidaan osoittaa. (2 p)

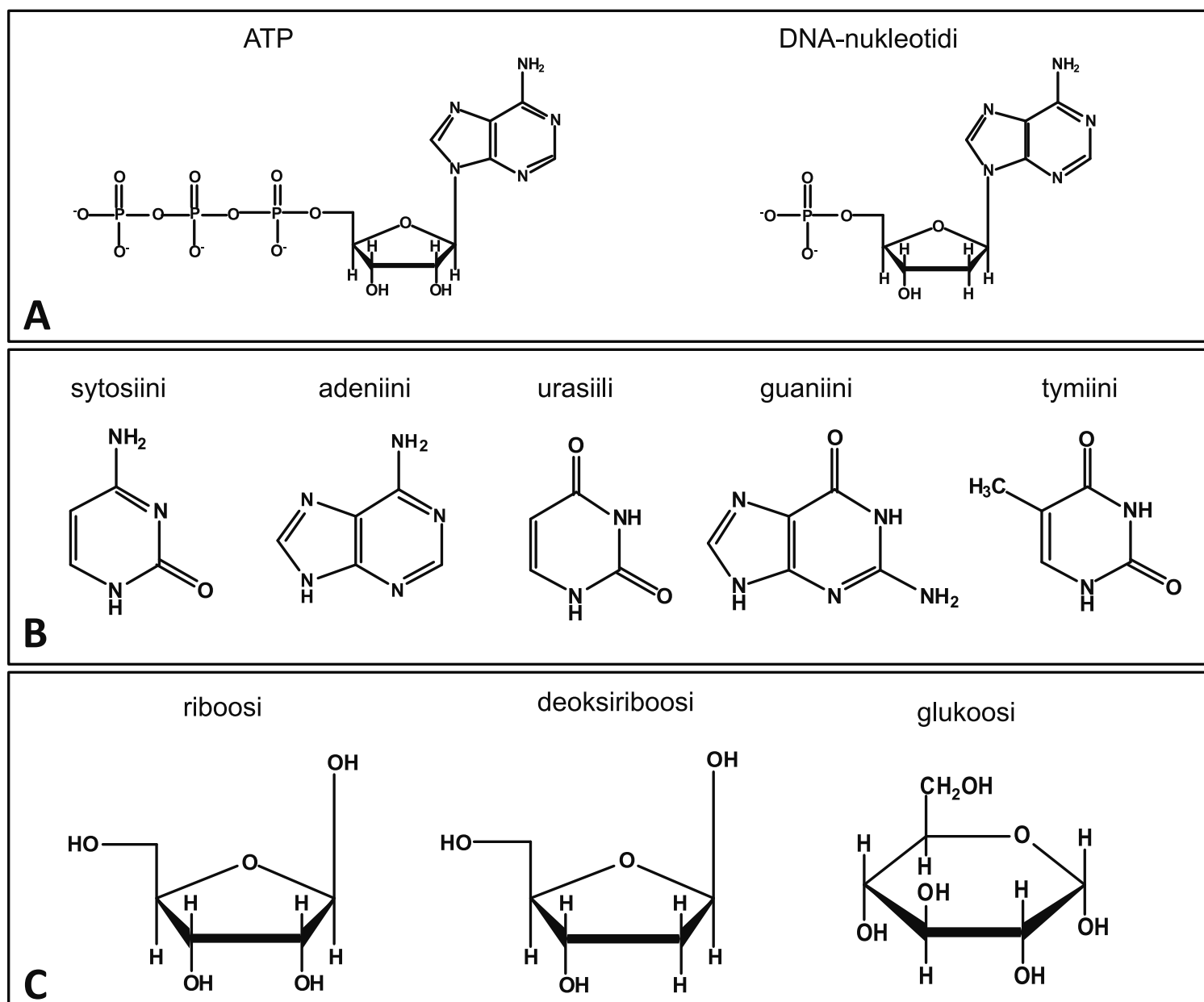
		keskimäinen emäs			
		A	G	T	C
A	fenyylialaniini	seriini	tyrosiini	kysteiini	A
	fenyylialaniini	seriini	tyrosiini	kysteiini	G
	leusiini	seriini	lopetus	lopetus	T
	leusiini	seriini	lopetus	tryptofaani	C
G	leusiini	proliini	histidiini	arginiini	A
	leusiini	proliini	histidiini	arginiini	G
	leusiini	proliini	glutamiini	arginiini	T
	leusiini	proliini	glutamiini	arginiini	C
T	isoleusiini	treoniini	asparagiini	seriini	A
	isoleusiini	treoniini	asparagiini	seriini	G
	isoleusiini	treoniini	lysiini	arginiini	T
	metioniini	treoniini	lysiini	arginiini	C
C	valiini	alaniini	asparagiinihappo	glysiini	A
	valiini	alaniini	asparagiinihappo	glysiini	G
	valiini	alaniini	glutamiinihappo	glysiini	T
	valiini	alaniini	glutamiinihappo	glysiini	C

+9. Elämälle tärkeät molekyylit



Alla olevat kuvat (A–C) esittävät elämän kannalta tärkeitä molekyylejä. Ne ovat kehittyneet maapallon biologisen evoluution alkuaikoina, ja niillä on yhteisiä rakenteellisia piirteitä. Osa molekyyleistä muodostaa soluissa kookkaita johdannaisia eli makromolekyylejä. Tarkastele esitettyjen molekyyliden ja muodostuvien makromolekyyliden rakennetta ja tehtäviä.

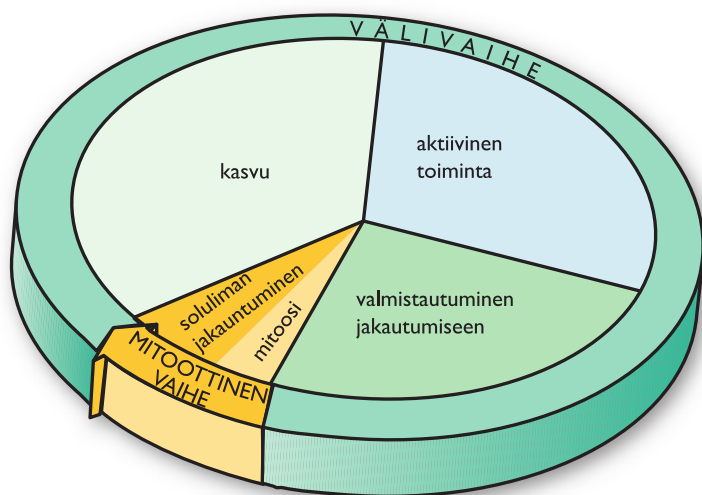
(9 p)



7 Lisääntyminen



Kaikki eliölajit pystyvät lisääntymään eli saamaan jälkeläisiä. Näin solut ja yksilöt siirtävät geeniensä sisältämää perintöinformaatiota uusille sukupolville. Lisääntyminen perustuu solujen jakautumiseen. Yksinkertaisimmillaan lisääntyminen on yksisoluisen eliön, esimerkiksi bakteerin, kahtiajakautumista. Eliöiden lisääntymistavat ryhmitellään yleensä kahteen perustapaan: suvuttomaan ja suvulliseen lisääntymiseen.



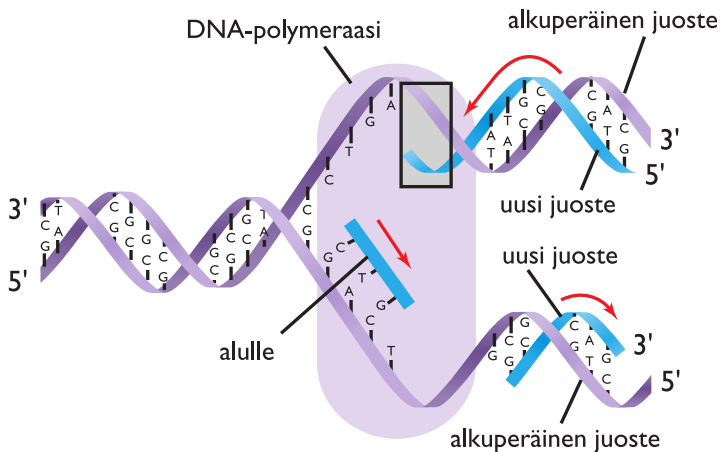
Solun elämäntierrossa on kaksi vaihetta, välivaihe ja jakautumisvaihe. Solun jakautuminen on tarkkaan säädelty tapahtumaketju. Välivaiheen aikana DNA kahdentuu. DNA:han tulleet mahdolliset mutaatiot pyritään korjaamaan, jotta ne eivät siirry tytärsolujen perimään. Välivaiheessa solu valmistautuu jakautumiseen. Mitoosi etenee vaiheittain, mutta se voi pysähtyä, jos esimerkiksi DNA:ssa havaitaan virheitä. Soluliman jakautumisen jälkeen solun elämäntierrossa alkaa uusi välivaihe.

Solut lisääntyvät jakautumalla

Solujen kyky jakautua ilmenee eliöiden elämässä monella tavalla ja monessa eri vaiheessa. Lisääntymisen lisäksi solut jakautuvat yksilön kasvaessa sekä kudosten tai solukojen uusiutuessa. Solutasolla perinnöllinen informaatio siirtyy solun jakautuessa emosoluilta tytärsoluille. Tytärsoluilla on sama perimä (sama kromosomimäärä ja samat geenit) kuin niiden emosolulla.

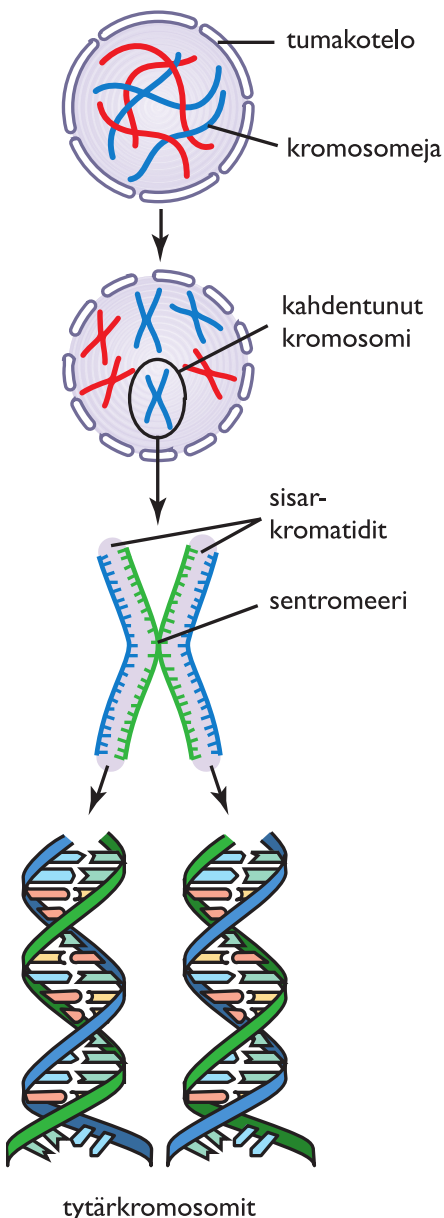
Ennen kuin solu pystyy jakautumaan, sen DNA ja kromosomit kahdentuvat. DNA:n kahdentuminen eli kopiointi tapahtuu solun elämäntierrossa välivaiheen aikana. Kahdentumisessa molemmat DNA:n juosteet toimivat mallina uusille juosteille. DNA:n kahdentumiseen osallistuvat monet entsyymit, joista tärkein on DNA-polymeraasi. Se rakentaa nukleotideista kummankin alkuperäisen DNA-juosteen viereen uuden juosteen emäspariperiaatteen mukaisesti. Uudet juosteet rakennetaan tumassa olevista nuk-

DNA:n kahdentuminen



DNA-polymeraasi kykenee kopioimaan mallina olevaa DNA-juostetta vain yhteen suuntaan. (5' → 3'). Toinen juoste rakentuu yhtäjaksoisesti, toinen kootaan paloista, jotka liittjäentyyymi yhdistää yhtenäiseksi juosteeksi.

Kromosomien kahdentuminen

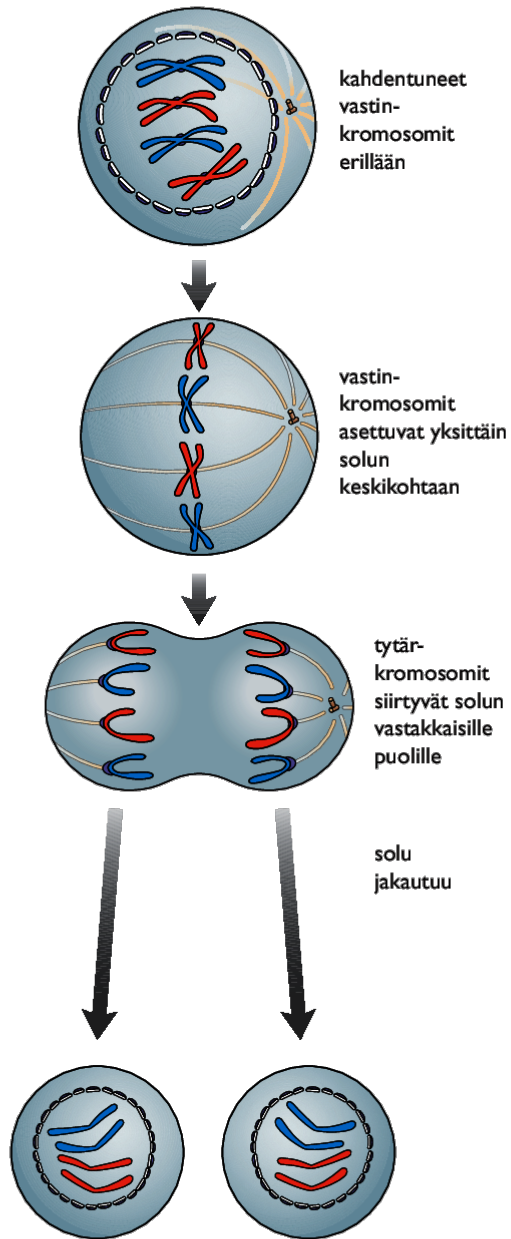


Mitoosi ja meioosi

Somaattisten solujen (eli muiden kuin sukusolujen) jakautumista edeltää DNA:n kahdentuminen välivaiheen lopussa. Sitä seuraa tumen jakautuminen eli mitoosi. Mitoosissa kromosomit ja niiden sisältämä perimä siirtyvät muuttumattomana seuraavalle solusukupolvelle, ellei tapahdu mutaatioita. Mitoosia seuraa yleensä välittömästi solun jakautuminen. Mitoottisen jakautumisen tuloksena syntyneissä tytärsoluissa on siis sama kromosomimäärä kuin emosolussa.

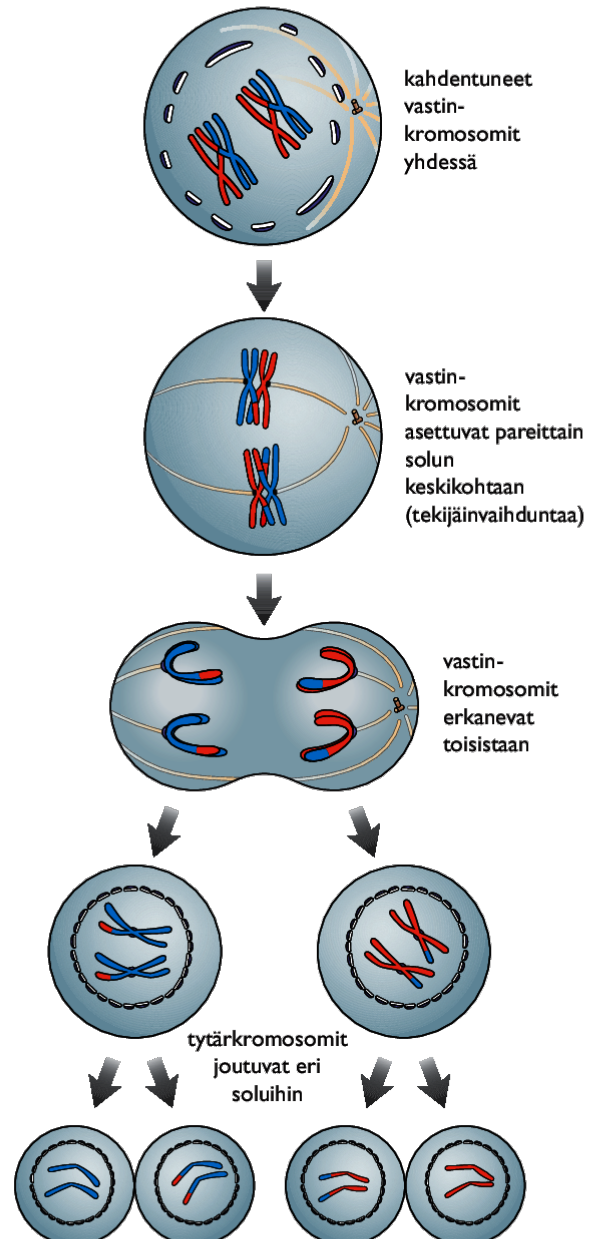
Sukusolujen syntyyn johtavaa solunjakautumista kutsutaan meioosiksi. Se eroaa mitoosista siinä, että syntyneillä uusilla soluilla on vain puolet emosolun kromosomimäärästä eli yksi kappale jokaista kromosomia (haploidinen kromosomisto). Meioosin lopputuloksena yhdestä solusta syntyy neljä haploidista tytärsolua, joissa geenit ovat järjestyneet uudelleen kromosomien vapaan järjestyksen ja tekijäinvaihdunnan takia. Ihmisellä meioosi tuottaa kuitenkin vain yhden munasolun, sillä kolme meioosissa syntynyttä tytärsolua surkastuu. Siitä sen sijaan syntyy jokaisesta sukusolun emosolusta aina neljä kappaletta. Hedelmöityksessä haploidiset sukusolut yhtyvät. Näin geenit siirtyvät vanhemmilta jälkeläisille ja hedelmöityksen jälkeen kromosomiluku on taas kaksinkertainen eli diploidinen (jokaista kromosomia on kaksi kappaletta).

mitoosi



Syntyneet solut ovat perimältään täysin samanlaisia, ja niiden kromosomiluku on sama kuin emosolun.

meioosi



Syntyneet sukusolut eivät ole perimältään emosolun kaltaisia, ja niiden kromosomiluku on puoliintunut.

Mitoosin ja meioosin vertailu

Mitoosi	Meioosi
• somaattisten solujen synty tapa, joka tuottaa uusia emosolun kaltaisia tytärsoluja	• sukusolujen synty tapa, joka tuottaa siittiöitä ja munasoluja
• kromosomiluku säilyy diploidisena ($2n$)	• puolittaa kromosomiluvun; munasolut ja siittiöt ovat haploidisia (n)
• yksi tuman jakautuminen	• kaksi tuman jakautumista, vähennys- ja tasausjako
• vastinkromosomit eivät konjugoidu, kromosomit asettuvat yksittäin solun keskitasoon (jonoon)	• vastinkromosomit konjugoituvat ja parit asettuvat keskitasoon sattumanvaraisesti (parijonoon)
• kiasmoja ei muodostu, tekijäinvaihduntaa ei tapahdu	• kiasmoja muodostuu, usein tekijäinvaihduntaa
• tuloksena kaksi keskenään samanlaista emosolun kaltaista tytärsolua, joissa on diploidinen kromosomisto ($2n$)	• tuloksena neljä haploidista (n) tytärsolua, jotka ovat perintötekijöiltään erilaisia
• yksilön kasvu hedelmöityneestä munasolusta toimivaksi monisoluiseksi eliöksi perustuu mitooseihin	• hedelmöityksessä munasolun tuma ja siittiön tuma yhtyvät, kromosomiluku palautuu diploidiseksi ja mitoosit alkavat
• ei lisää muuntelua populaatiossa, ellei tapahdu mutaatioita	• aiheuttaa muuntelua, koska geenit järjestyvät monella tavalla vastinkromosomien sattumanvaraisen asettumisen ja tekijäinvaihdunnan takia
• syntyneet mutaatiot eivät periydy	• suuri merkitys evoluutiossa

Suvuton lisääntyminen

Suvuton lisääntyminen tapahtuu ilman sukusoluja ja perustuu mitooseihin. Suvuttomasti lisääntyvien eliöiden jälkeläiset ovat yleensä perimältään emoyksilön kaltaisia ja keskenään samanlaisia. Tällaista keskenään samanlaisten yksilöiden joukkoa kutsutaan klooniksi. Suvuttomasti lisääntyvien yksilöiden jälkeläisillä esiintyvä muuntelu on ainoastaan ympäristötekijöiden ja mutaatioiden aiheuttamaa. Suvuttoman lisääntymisen edellytys on hyvä uusiutumis- eli regeneraatiokyky. Sen ansiosta eliö pystyy kasvattamaan uuden osan tuhoutuneen tilalle. Useat selkärangattomat, kuten piikkinahkaiset, polttiaiseläimet ja monet madot, pystyvät regeneroimaan uuden yksilön pienestä kappaleesta. Kasvien suvutonta lisääntymistä version kappaleista, rönstyistä, juurivesoista tai sipuleista kutsutaan usein kasvulliseksi lisääntymiseksi.

Suvuton lisääntyminen

Suvuton lisääntymistapa	Eliöryhmä tai laji
• jakautuminen (emosolusta kaksi tytärsolua) • yksilön jakautuminen	• esitumalliset (bakteerit ja arkit), aitotumallisista alkueläimet esim. amebat, tohvelieläimet • laakamadot
• monistuminen (emosolun tuma jakautuu moneen kertaan, ja lopulta emosolu hajoaa useaksi tytärsoluksi)	• malarialoisio, unitautiloisio
• silmikoiminen eli kuroutuminen (emosoluun kasvaa pullistumana pienempi solu, joka kuroutuu uudeksi soluksi emosolun jäädessä henkiin)	• hiiva- ja homesienet, polttiaiseläimet
• itiöt (yleensä haploidisia lisääntymissoluja)	• itiökasvit, sienet, levät ja monet alkueliöt
• katkenneet solunauhat	• levät
• jäkälämurut (sienirihmojen ympäröimiä leväsoluja)	• jäkälät
• kasvullinen lisääntyminen: juurivesat, maavarret, rön-syt, varren tai lehden palaset, mukulat	• siemenkasvit, esim. haapa, juolavehnä, mansikka, peruna



Partenogeneesi



Suotuisissa oloissa vesikirppu lisääntyy partenogeneettisesti.

Partenogeneesi on lisääntymistapa, jossa uusi yksilö syntyy munasolusta tai munasolun kantasolusta ilman hedelmöitystä. Koska lisääntymisen lähtökohtana on munasolu tai sen kantasolu, luokitellaan partenogeneesi yleensä suvulliseksi lisääntymistavaksi, vaikka se muistuttaa suvutonta lisääntymistä. Partenogeneesissä jälkeläisiä syntyy runsaasti, mutta muuntelu on vähäistä, koska se perustuu vain meioosissa tapahtuvaan rekombinaatioon. Partenogeneesi on tavallista monilla hyönteisillä ja kasveilla. Syntyvä yksilö on usein haploidinen, kuten mehiläiskoiraat. Joillakin selkärangattomilla eläimillä, kuten kirvoilla ja vesikirpuilla, on suotuisissa oloissa nopeaa partenogeneettistä jälkeläistuotantoa. Selkärangaisista eläimistä jotkin kalat, sammakkoeläimet ja liskot lisääntyvät partenogeneettisesti munasoluista, joiden kromosomiluku on kahdentunut meioosin jälkeen. Näin syntyneellä jälkeläisellä on siis soluissaan normaali diploidinen kromosomiluku. Nisäkkäillä partenogeneesia ei esiinny.

Suvullisessa lisääntymisessä perinnöllinen informaatio järjestyy uudella tavalla

Useimmat monisoluiset eliölajit lisääntyvät suvullisesti eli sukusolujen avulla. Ne tuottavat meioosin avulla haploidisia sukusoluja, siittiöitä tai siitepölyhiukkasia ja munasoluja. Sukusolujen syntymisvaiheessa on sattumanvaraista, millainen yhdistelmä vanhempien kromosomeista ja geeneistä sukusoluihin tulee. Siksi jokainen sukusolu on perimältään hieman erilainen. Tämän takia saman populaation yksilöt ovat keskenään erilaisia, mutta geenit säilyvät populaatiossa sukupolvesta toiseen.

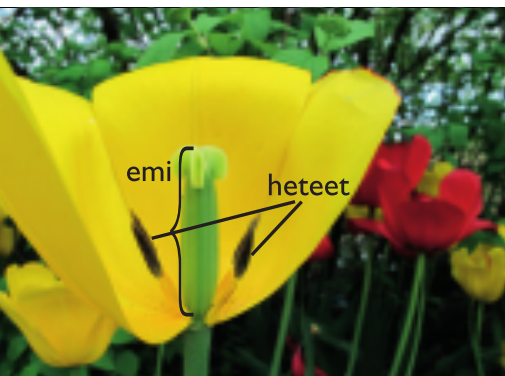
Sukusolut syntyvät eläimillä sukupuolirauhasissa, esimerkiksi nisäkkäiden siittiöt koiraiden kiveksissä ja naaraiden munasolut munarauhasissa. Eläinten siitos ja kasvien pölytys johtavat sukusolujen yhtymiseen eli hedelmöitykseen. Hedelmöityneestä munasolusta (tsygootista) kehittyvä jälkeläinen saa kaikki geeninsä vanhemmiltaan olematta kuitenkaan heidän keskiarvonsa. Ulkoisessa siitoksessa, esimerkiksi kaloilla ja sammakkoeläimillä, sukusolut yhtyvät naaraan ruumiin ulkopuolella vedessä. Sisäisessä siitoksessa koiras ja naaras parittelevat ja hedelmöitys tapahtuu naaraan elimistössä.

Siemenkasveilla sukusoluja syntyy siitepölyä tuottavissa heteissä ja munasoluja tuottavissa emeissä. Lisääntymiselinten rakenteen perusteella siemenkasvit ryhmitellään paljassiemeniisiin ja koppisiemenisiin kasveihin. Paljassiemenisillä kasveilla siemenaiheet kehittyvät siemeniksi emilehtien pinnalla. Pölytys eli siitepölyn pääsy kukan emille tapahtuu niillä tuulen välityksellä. Koppisiemeniset kasvit edustavat kasvikunnan pisimmälle kehittyntä ryhmää. Niiden pölytys tapahtuu joko tuulen tai eläinten avulla, ja alkio kehittyy emin sikiäimen suojassa.

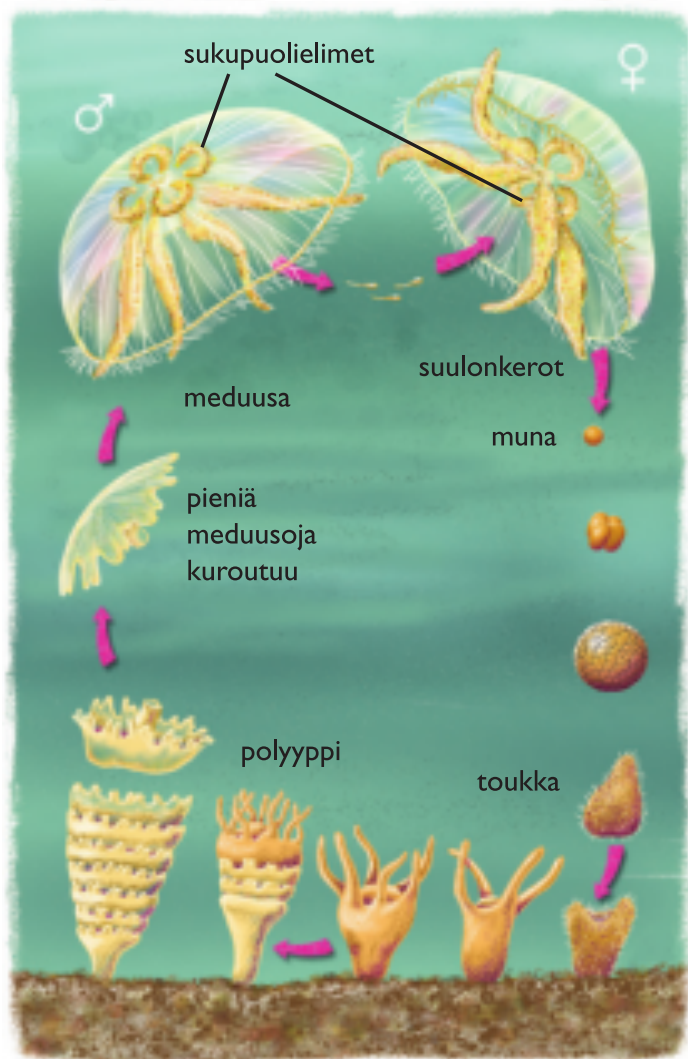
Useimmat eläimet ovat yksineuvoisia (yksisukuisia), eli ne tuottavat joko siittiöitä tai munasoluja. Kaksineuvoisia (kaksisukuisia eli hermafrodiitteja) ovat esimerkiksi jotkin madot, joilla sama yksilö voi tuottaa sekä siittiöitä että munasoluja. Kaksineuvoisella kasvilla heteet ja emit ovat samassa kukassa.



Yksineuvoisella suomuuraimella hede- ja emikukat ovat eri kasveissa, eli se on kaksikotinen kasvi. Marjoja kehittyy vain emikukallisiin kasveihin.



Tulppaani on kaksineuvoinen siemenkasvi, eli sen heteet ja emit ovat samassa kukassa.



Sukupolvenvuorottelu

Sammalien, sanikkaisten ja joidenkin eläinlajien elämään kuuluvat vuorotellen suvuttomasti ja suvullisesti lisääntyvät sukupolvet. Esimerkiksi saniaisilla itse kasvi (solut diploidisia) tuottaa suvuttomasti haploidisia itiöitä. Itiöistä kasvaa alkeisvarsikko (solut haploidisia), joka tuottaa munasoluja ja siittiöitä eli edustaa suvullisesti lisääntyvää sukupolvea. Hedelmöityneestä munasolusta kasvaa uusi kasvi.

Polttaiseläimillä, kuten korvameduusalla, aikuiset koiras- ja naarasyksilöt tuottavat sulusoluja, ja hedelmöityneestä munasolusta kasvaa pohjaan asettuva toukka. Toukasta kehittyy lautaspinoa muistuttava polyppivaihe, josta kuroutuu suvuttomasti lukuisia pikkumeduusoja.

Suvullisen ja suvuttoman lisääntymisen edut ja haitat

	Edut	Haitat
suvullinen	- samaan populaatioon kuuluvat yksilöt ja saman lajin eri populaatiot ovat perimältään erilaisia - saa aikaan muuntelua - populaatiot kykenevät sopeutumaan elinympäristön muutoksiin - syntyy geeniyhdistelmiä, joiden avulla laji säilyy hengissä	- suvullinen lisääntyminen on suvutonta hitaampaa, koska jälkeläisten tuottamiseen tarvitaan kaksi yksilöä - lisääntymiskumppanin hakemiseen kuluu aikaa ja energiaa - suurin osa sulusoluista menee hukkaan - kaikki yksilöt eivät löydä lisääntymiskumppania
suvuton	- nopeaa ja helppoa - yksilö voi lyhyessä ajassa tuottaa hyvin suuren määrän jälkeläisiä - pystyy valloittamaan nopeasti uuden elinympäristön, jos olosuhteet ovat suotuisat	- jos mutaatioita ei tapahdu, kaikki jälkeläiset ovat perimältään samanlaisia - muuttuvissa olosuhteissa perimältään samanlainen populaatio (klooni) tai koko laji voi tuhoutua

TEHTÄVÄT

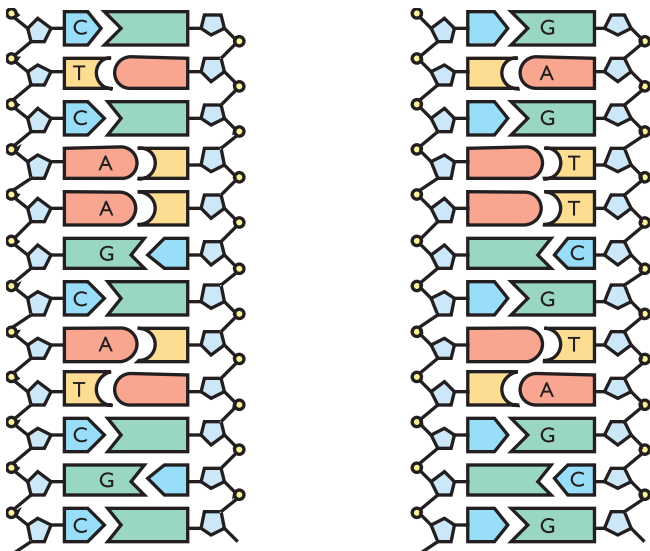
1. Lisääntymisen käsitteet

Selitä lisääntymiseen liittyvät käsitteet ja mainitse jokaisesta jokin esimerkki. (6 p)

- monistuminen
- silmikoituminen
- partenogeneesi
- klooni
- itiö
- regeneraatio

2. DNA:n kahdentuminen

- Missä solun elämänsyklin vaiheessa DNA kahdentuu? (1 p)
- Mikä tehtävä on DNA-polymeraasilla? (1 p)
- Mitä muita entsyymejä DNA:n kahdentumisessa tarvitaan? (1 p)
- Mitä eroa on uusien juosteiden kopiointitavassa? (1 p)
- Mitä merkitystä on telomeereilla? (1 p)
- Merkitse kuvan kahdentuneeseen DNA- jaksoon puuttuvat vastinemäiset. (1 p)



3. DNA:n määrä solussa

Oheisessa taulukossa esitetään solussa olevan DNA:n määrä solunjakautumisten eri vaiheissa. Pienintä mahdollista DNA:n määrää kuvataan numerolla 1.

Selitä, mistä johtuu ero

- mitoosin välivaiheen alun ja mitoosin esivaiheen välillä (1 p)
- mitoosin esivaiheen ja mitoosin loppuvaiheen välillä (1 p)
- meioosin vähennysjakautumisen jälkivaiheen ja meioosin tasausjakautumisen keskivaiheen välillä (2 p)
- meioosin tasausjakautumisen keskivaiheen ja meioosin tasausjakautumisen loppuvaiheen välillä. (2 p)

Solun DNA:n määrä	Esimerkkejä solunjakautumisen vaiheista
1	Meioosi, tasausjakautumisen loppuvaihe
2	Mitoosi, välivaiheen alku
2	Mitoosin loppuvaihe
2	Meioosi, tasausjakautumisen keskivaihe
4	Mitoosin esivaihe
4	Meioosin vähennysjakautumisen jälkivaihe

4. Mehiläisten lisääntyminen

yo s-08

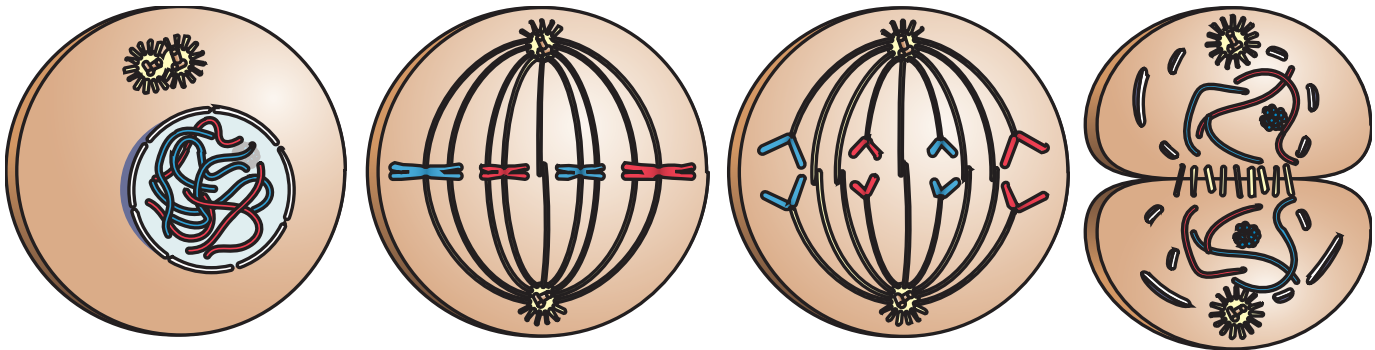
- Mehiläiskoiraat eli kuhnurit ovat haploidisia, ja ne kehittyvät partenogeneettisesti eli neitseellisesti. Naarasjälkeläiset ovat diploidisia. Selitä käsitteet partenogeneesi ja haploidia (2 p)
- Tumma väri on dominoiva ominaisuus vaaleaan väriin nähden. Millaisia jälkeläisiä tuottaa tumma heterotsygoottinen kuningatar, jonka tumma kuhnuri hedelmöittää? Esitä ratkaisu kaaviona. (4 p)

5. Mitoosin ja meioosin vaiheet

a. Mitoottinen solun jakautuminen tuottaa emosolun kaltaisia tytärsoluja.

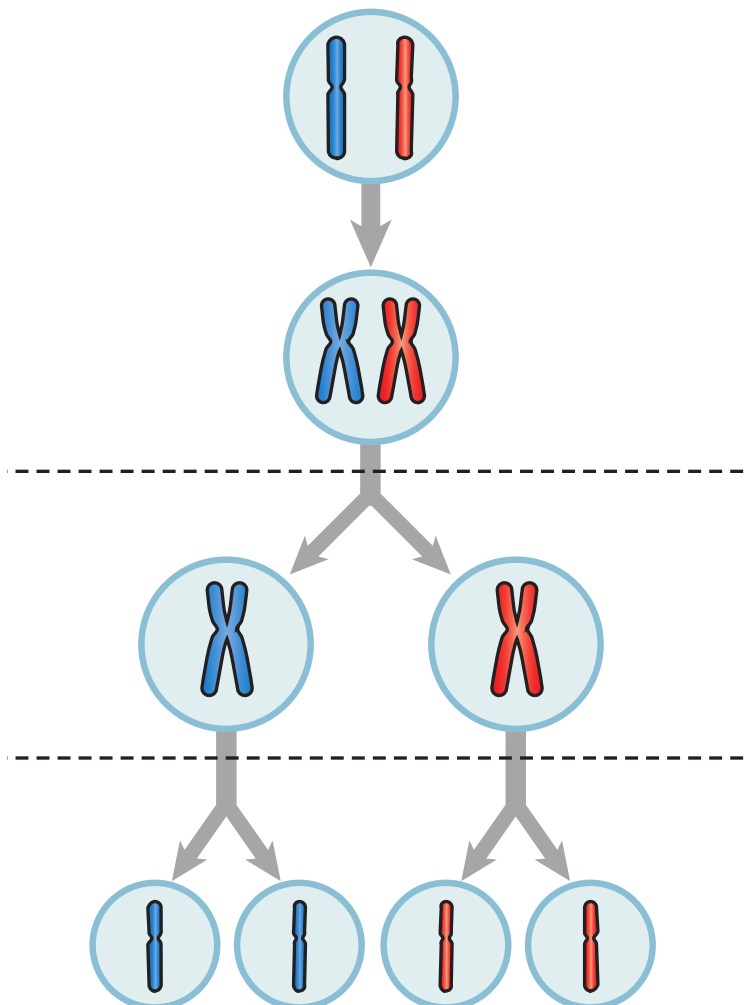
Kirjoita oheiseen kuvasarjaan oikeille kohdille seuraavat käsitteet: (3 p)

- | | |
|------------------|-------------------|
| • keskivaihe | • jälkivaihe |
| • tumasukkula | • sentromeeri |
| • loppuvaihe | • keskusjyvänen |
| • kromosomi | • tytärkromosomit |
| • esivaihe | • tumakotelo |
| • sisarkromatidi | • tumajyvänen |



b. Meioosin vähennys- ja tasausjako tuottavat neljä haploidista sukusolua. Kirjoita oheiseen kuvasarjaan oikeille kohdille seuraavat käsitteet:

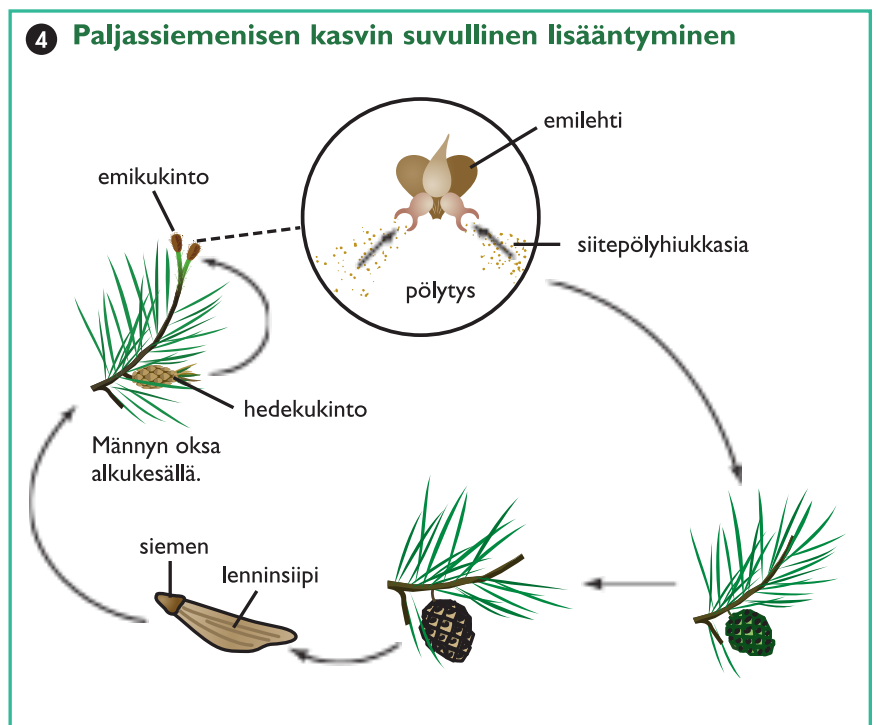
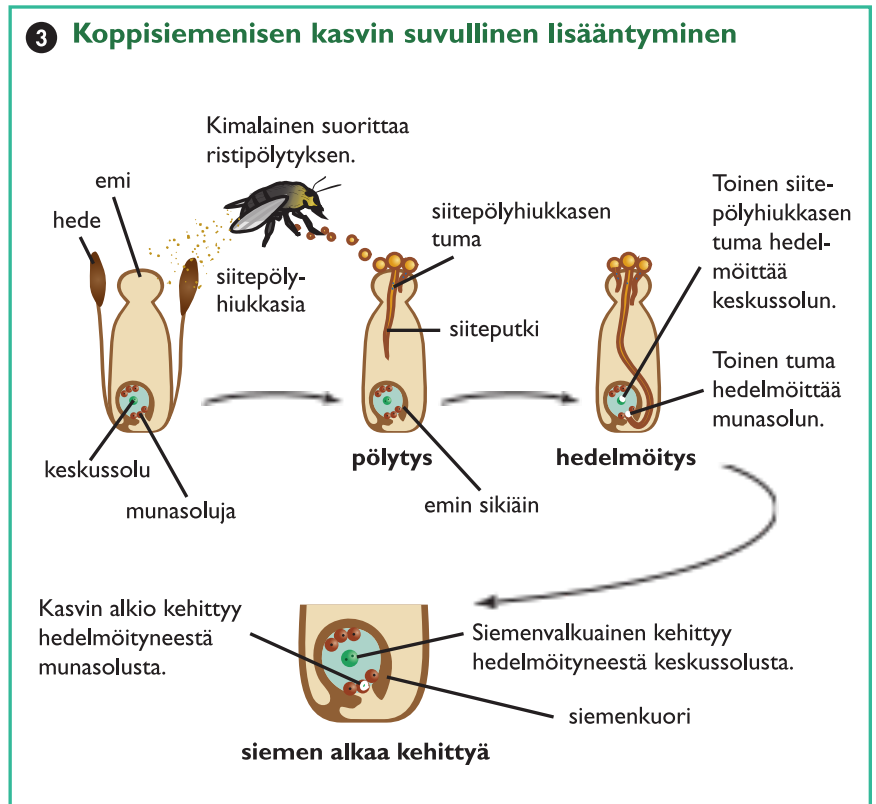
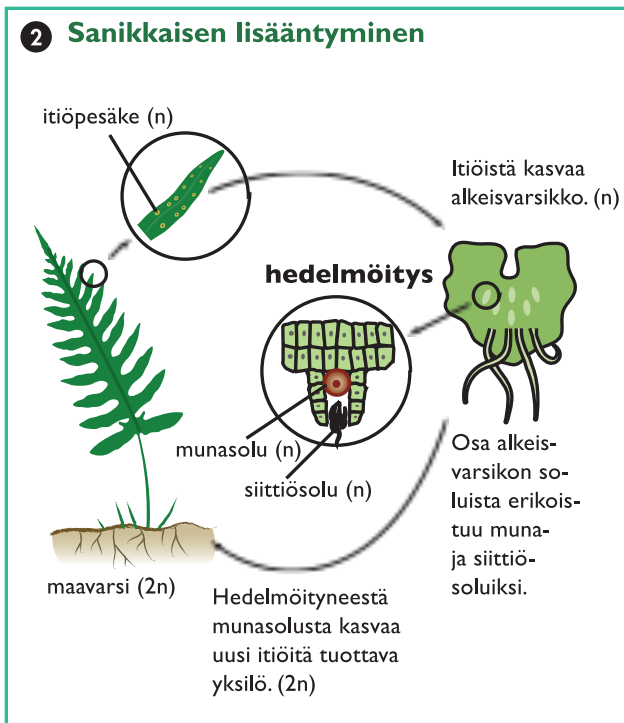
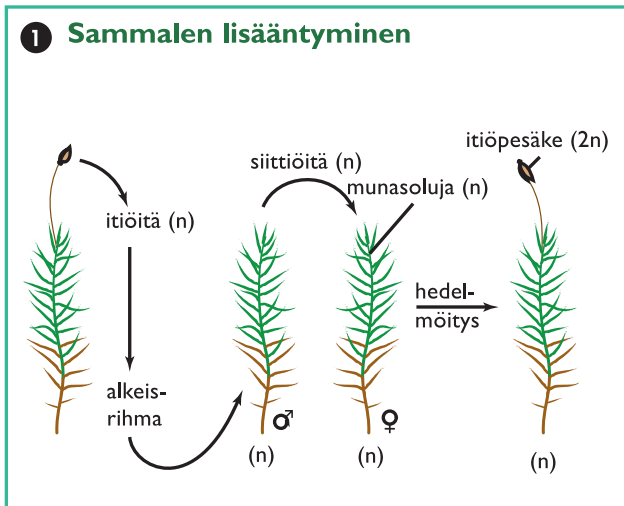
- vastinkromosomipari
- kromosomien DNA:n kahdentuminen
- välivaihe
- kahdentuneet vastinkromosomit asettuvat pareittain solun keskitasoon
- vähennysjako (meioosi I)
- vastinkromosomien erkaneminen ja kromosomiluvun puolittuminen
- tasausjako (meioosi 2)
- sisarkromatidien erkaneminen tytärkromosomeiksi
- merkitse kuvaan, mitkä soluista ovat haploidisia ja diploidisia (n tai $2n$). (3 p)



6. Kasvien lisääntymistapoja

Tarkastele oheisia kuvia ja vertaile toisiinsa

- sammalen ja sanikkaisen sukupolvenvuorottelua (3 p)
- paljassiemenen ja koppisiemenen kasvin suvullista lisääntymistä. (3 p)



8. Solunjakautumisen tapahtuma

yo k-13

Mitä solunjakautumisen tapahtumaa kuva esittää, ja mitkä vaiheet edeltävät sitä?
Mitä kuvatun vaiheen jälkeen tapahtuu, ja mihin tapahtumaketju kokonaisuudessaan johtaa?

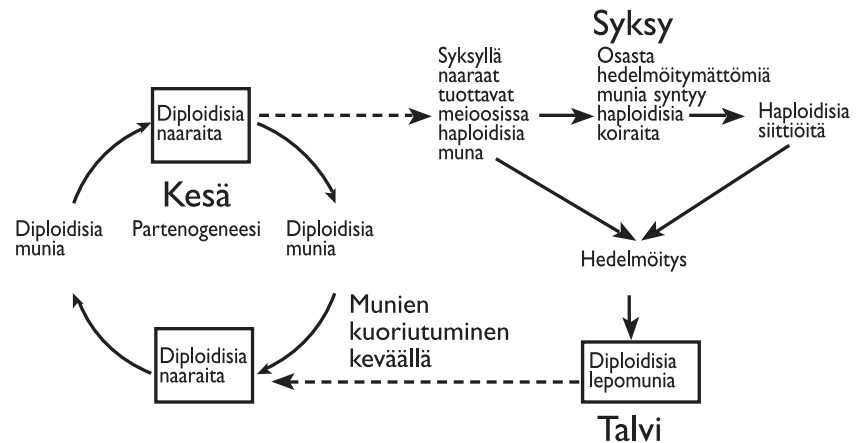


10. Rataseläimen elämänsykli

yo k-11

Oheinen kaavio esittää erään rataseläinlajin vuotuisen elämänsyklin vaihteita.

- Mitä tarkoittaa partenogeneesi ja mitä haploidia? (2 p)
- Mikä on kesällä tapahtuvan partenogeenin merkitys rataseläinpopulaatiolle? (2 p)
- Mikä on syksyllä tapahtuvan meioosin ja hedelmöityksen merkitys? (2 p)



9. Pölytys

yo s-11

Monet hyönteislajit ovat luonnossa tärkeitä pölyttäjiä. Niiden toimintaan perustuu useiden tärkeiden ravintokasvien sato.

- Miten hyönteispölytys tapahtuu? (3 p)
- Millä muulla tavalla pölytys voi tapahtua? (1 p)
- Sarjakuvassa mainitaan mesipistiäiset tärkeinä pölyttäjinä. Mainitse kaksi mesipistiäistä. (2 p)



© Seppo Leinonen



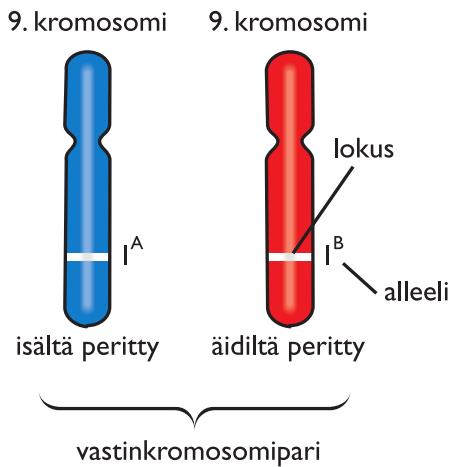
Jälkeläiset muistuttavat vanhempiaan, koska ne saavat sukusolujen mukana puolet perimästään urokselta ja puolet emoltaan. Meioosin tuloksena syntyy monenlaisia sukusoluja, ja sattuma määrää, mikä siittiö munasolun hedelmöittää. Siksi saman koirapentueenkin jälkeläiset eroavat vanhemmistaan ja toisistaan ja ovat ainutkertaisia yksilöitä.

Geenit sijaitsevat kromosomeissa

Geenit eli perintötekijät ovat DNA-molekyylin jaksoja, jotka ohjaavat solun ja eliön elintoimintoja sekä ominaisuuksien kehittymistä. Suurin osa geeneistä sijaitsee tuman kromosomeissa. Kromosomeissa on geenien DNA:n lisäksi proteiinimolekyyliä. Kromosomien lukumäärä vaihtelee eri eliölajeilla. Useimmilla eliöillä on soluissaan kutakin kromosomityyppiä kaksi kappaletta. Näitä keskenään samanlaisia kromosomeja kutsutaan vastinkromosomeiksi ja tällaisia soluja sanotaan diploidisiksi soluiksi ($2n$). Sukusolujen kromosomimäärä on haploidinen (n) eli puolet yksilön muiden solujen kromosomimäärästä. Hedelmöityneeseen munasoluun ja siitä kehittyvän yksilön kaikkiin soluihin tulee kutakin kromosomia kaksi kappaletta. Geenit siirtyvät suvullisessa lisääntymisessä siittiön ja munasolun kromosomien mukana vanhemmilta jälkeläisille.

Lokukset ja alleelit

Kullakin geenillä on kromosomeissa oma tarkka paikkansa, jota kutsutaan lokukseksi. Geenistä on olemassa eri muotoja, joita kutsutaan alleeleiksi. Vastinkromosomien saman lokuksen alleelit (vastingeenit) vaikuttavat samaan ominaisuuteen. Ne voivat olla keskenään erilai-

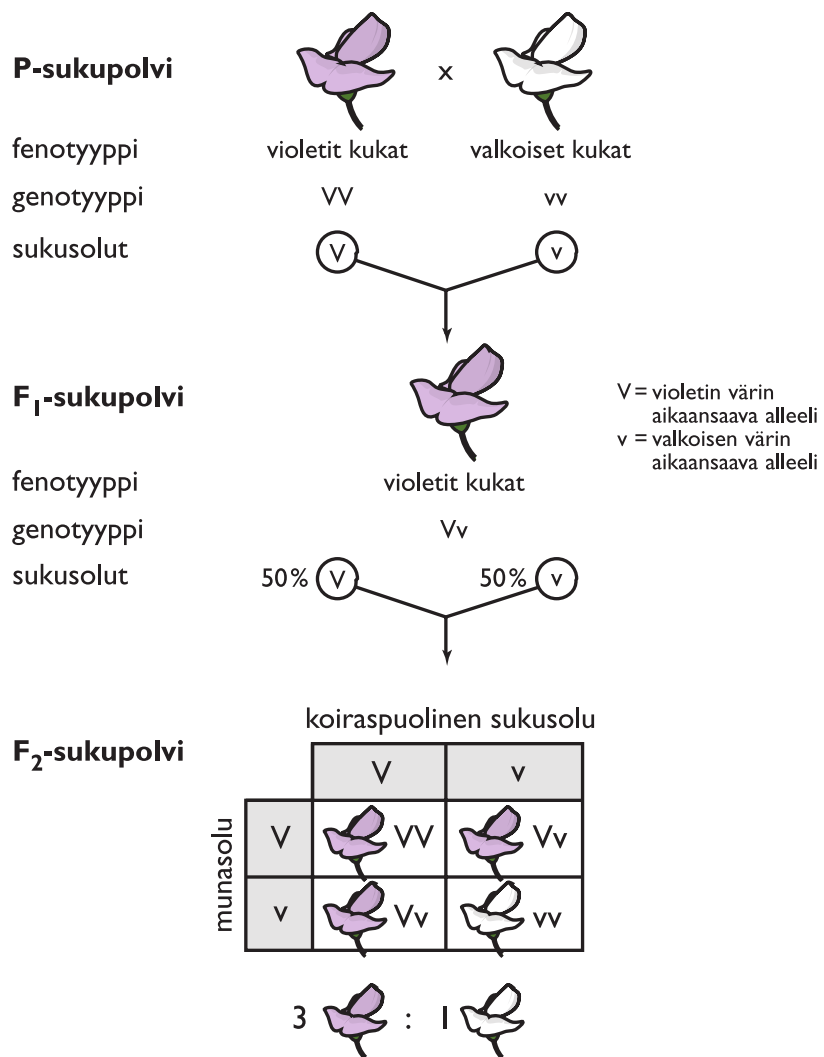


Veriryhmän aiheuttava geeni sijaitsee omassa lokuksessaan kromosomissa 9.

set, jolloin yksilö on perinyt toiselta vanhemmaltaan tiettyyn ominaisuuteen vaikuttavasta geenistä erilaisen muodon eli alleelin. Yksilö on tällöin tuon geenin suhteen heterotsygoottinen eli eriperintäinen. Jos kummaltakin vanhemmalta on peritty samanlainen alleeli, yksilö on homotsygoottinen eli samaperintäinen.

Vastinkromosomien alleelit määräävät yhdessä, miten ominaisuus ilmenee jälkeläisessä. Alleelit voivat olla toisiinsa nähden dominoivia, resessiivisiä, välimuotoisia tai yhteisvallitsevia. Dominoiva eli valitseva alleeli peittää resessiivisen eli väistyvän alleelin vaikutuksen, ja näin yksilö ilmentää dominoivaa ominaisuutta myös heterotsygoottisena. Resessiivinen ominaisuus näkyy vain, jos sen aiheuttava alleeli on kummassakin vastinkromosomissa.

Monohybridiristeytys (herne)



Vaikka yksilöillä on aina yhdestä geenistä kaksi alleelia, populaatiossa voi olla samasta geenistä useampia, erilaisia muotoja. Tällöin puhutaan multippeleistä alleleista. Esimerkiksi ihmisen ABO-veriryhmien syntyyn vaikuttaa kolme erilaista alleelia.

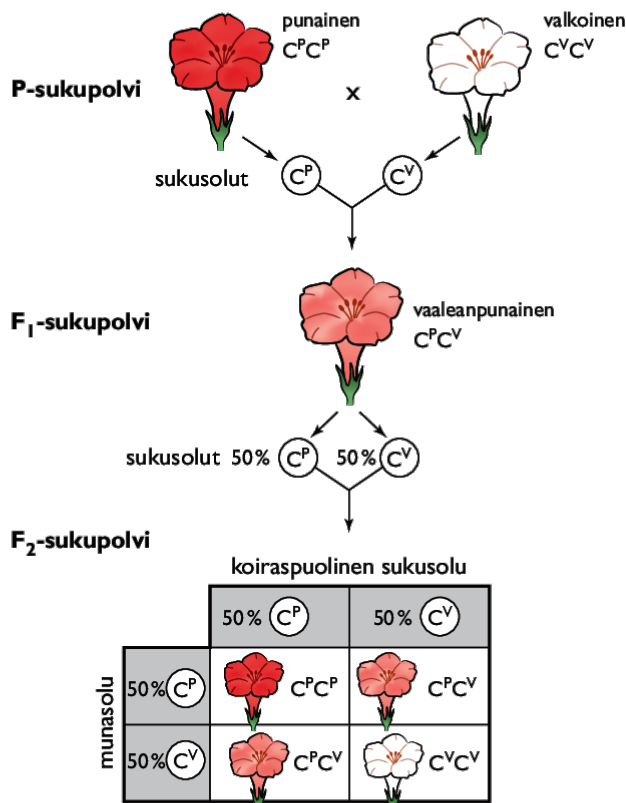
Joistakin geneista tavataan alleeleja, jotka kumpikin vaikuttavat yksilön fenotyyppiin itsenäisesti. Heterotsygoottisella yksilöllä kumpikin alleeli saa aikaan itsenäisen, erillisen piirteen yksilön fenotyyppiin. Esimerkkinä tällaisesta yhteisvallitsevasta periytymisestä on ihmisen AB-veriryhmä.

ABO-veriryhmien geno- ja fenotyytit sekä veressä esiintyvät vasta-aineet		
genotyyppi	fenotyyppi veriryhmä	veressä oleva vasta-aine
ii	O	anti-A ja anti-B
I ^A I ^A	A	anti-B
I ^A i	A	anti-B
I ^B I ^B	B	anti-A
I ^B i	B	anti-A
I ^A I ^B	AB	ei vasta-ainetta

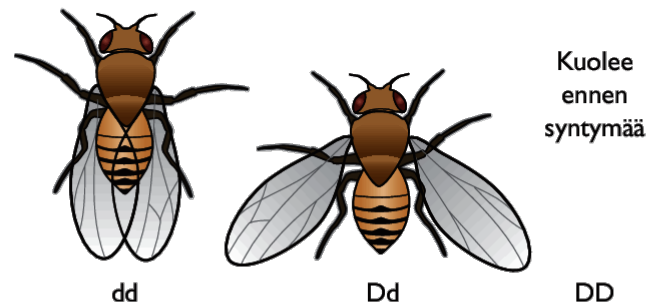
Joskus saman geenin eri alleelien vaikutus näkyy heterotsygoottisessa yksilössä ominaisuuden välimuotona. Kun risteytetään esimerkiksi puna- ja valkokukkainen leijonankita tai puna- ja valkokukkainen ihmekukka, F₁-polven jälkeläiset ovat vaaleanpunakukkaisia. Jälkeläisissä näkyy kummankin vanhemman vaikutus samanaikaisesti. Tällaista välimuotoista eli intermediaarista periytymistä esiintyy myös eläimillä. Esimerkiksi hevosten karvan väri voi määräytyä kahden alleelin yhteisvaikutuksesta.

Eräät alleelit aiheuttavat jälkeläisen kuoleman alkion- tai sikiönkehityksen aikana tai viimeistään ennen lisääntymisikää, jos yksilö on perinyt alleelin kummaltakin vanhemmaltaan. Näitä alleeleja kutsutaan letaali-alleeleiksi.

Monohybridiristeytys, välimuotoinen periytyminen (ihmekukka)



Monohybridiristeytys, (letaali-alleelit)



Normaali banaanikärpänen ja vinosiipinen, joka on poikkeuksetta heterotsygoottinen siiven rakenteeseen vaikuttavan alleeliparin suhteen. Vinosiipisyyden alleeli dominoi normaalisiipisyyden alleelia. Homotsygoottisena (DD) se on letaali.

Suvullinen lisääntyminen aiheuttaa perinnöllistä muuntelua, koska uusia geeniyhdistelmiä syntyy seuraavilla tavoilla:

1. Sukusolujen syntymisvaiheessa on sattumanvaraista, millainen yhdistelmä vanhempien kromosomeista munasoluun tai siittiöön tulee. Lisäksi vastinkromosomien välillä voi tapahtua tekijäinvaihduntaa. Siksi jokainen sukusolu on perimältään hieman erilainen.
2. Sukusoluja syntyy monilla lajeilla runsaasti, ja sattuma määrää, mikä siittiö hedelmöittää munasolun.
3. Lisääntymiskumppanin valinta on usein sattumanvaraista.

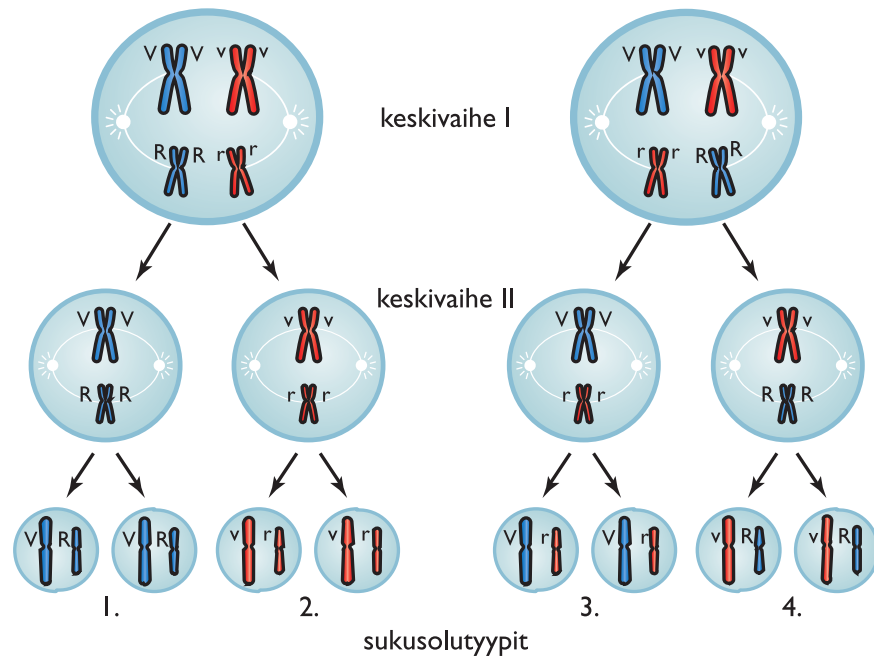
Määrällisiin eli kvantitatiivisiin ominaisuuksiin (ihonväriin, pituuteen, painoon, kasvien korren pituuteen jne.) vaikuttaa kaksi tai useampia geenejä (polygeenit). Polygeenisissä ominaisuuksissa alleeliparien vaikutus on yleensä summautuvaa, eli jokainen alleeli vaikuttaa osaltaan yksilössä ilmenevään ominaisuuteen.

Geneettinen rekombinaatio tuottaa jälkeläisiin uusia ominaisuusyhdistelmiä

Suvullisessa lisääntymisessä vanhemmilta saadut geenit voivat järjestäytyä moniksi erilaisiksi yhdistelmiksi. Nämä erilaiset yhdistelmät saavat aikaan sen, että syntyy vanhemmista poikkeavia jälkeläisiä. Geenien sattumanvaraista järjestäytymistä sukusolujen synnyn yhteydessä kutsutaan geneettiseksi rekombinaatioksi. Se on seurausta mendelistisestä rekombinaatiosta ja tekijäinvaihdunnasta. Mendelinen rekombinaatio tarkoittaa sitä, että vastinkromosomit asettuvat meioosissa rinnakkain solun keskitasoon ja joutuvat sattumanvaraisesti eri sukusoluihin. Kussakin kromosomissa on aina useita eri ominaisuuksiin vaikuttavia geenejä. Samassa kromosomissa olevat geenit ovat kytkeytyneinä toisiinsa, ja alleelit periytyvät yhdessä.

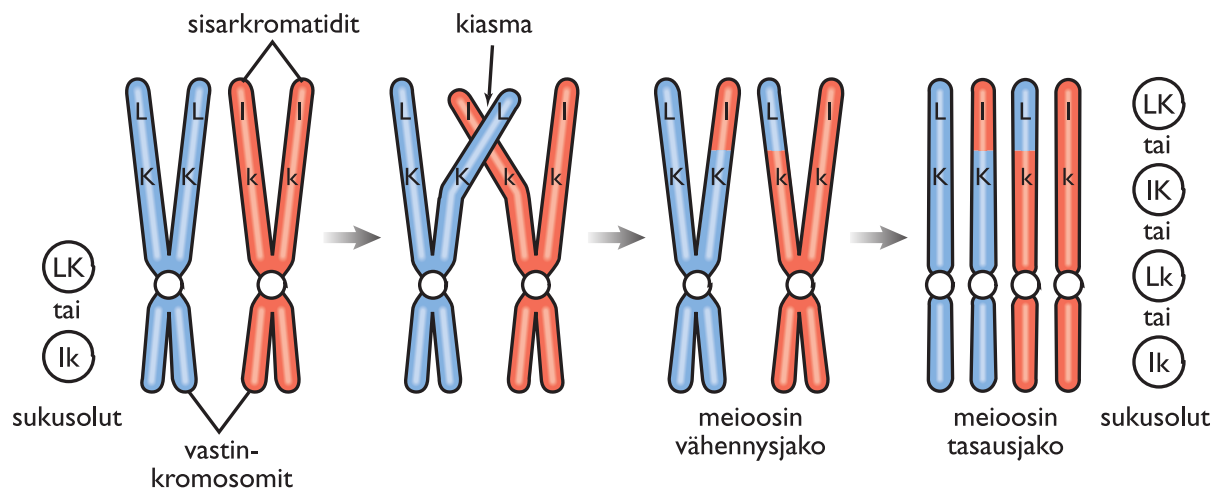
Lisää uusia ominaisuusyhdistelmiä aiheuttaa tekijäinvaihdunta eli crossing over -ilmiö, joka purkaa geenien välisen kytkennän. Siinä meioosin vähennysjaon aikana kokonaiset kromosominpalaset voivat vaihtaa paikkaa vastinkromosomien välillä, ja niissä olevat alleelit siirtyvät vastinkromosomista toiseen. Siksi jokainen sukusolu on perimältään hieman erilainen. Myös sukusolujen sattumanvarainen yhdistyminen ja lisääntymiskumppanin sattumanvarainen valinta tuottavat uusia ominaisuusyhdistelmiä.

Mendelistinen rekombinaatio



Meioosissa tapahtuva kromosomien välinen rekombinaatio, jossa vastinkromosomit asettuvat rinnakkain solun keskitasoon vähennysjakautumisen keskivaiheessa ja joutuvat eri sukusoluihin. Tämän seurauksena vastinkromosomeissa olevista geenien alleeleista tulee sukusoluihin sattumanvaraisesti kaikkia mahdollisia yhdistelmiä.

Tekijäinvaihdunta eli crossing over



Meioosin vähennysjaon aikana tapahtuva ilmiö, jossa kokonaiset kromosomin palaset voivat vaihtaa paikkaa vastinkromosomien välillä. Samalla niissä olevat alleelit siirtyvät vastinkromosomista toiseen.

Risteytystehtävätyypit

Monohybridiristeytyksessä tutkitaan yhden ominaisuusparin periytymistä.

Dihybridiristeytyksessä tutkitaan kahden ominaisuusparin periytymistä.

Testiristeytyksessä (takaisinristeytyksessä) tutkitaan, onko dominoivaa ominaisuutta ilmentävä yksilö heterotsygoottinen vai homotsygoottinen. Asia selvää risteyttämällä tutkittava yksilö resessiivisen homotsygootin kanssa.

Yhteisvallitsevassa periytymisessä alleeliparin kumpikin alleeli vaikuttaa itsenäisesti yksilön fenotyyppiin. Esimerkiksi AB-veriryhmässä yksilöllä on perimässään molemmat dominoivat alleelit I^A ja I^B ja niiden vaikutus näkyy yhteisvallitsevana.

Välimuotoisessa (Intermediaarisessa) **periytymisessä** saman geenin kahden eri alleelin vaikutus näkyy yksilössä samanaikaisesti. Kumpikaan alleeli ei dominoi toista, vaan heterotsygootti yksilö on ilmi-asultaan vanhempiensa välimuoto.

Letaalialleeli aiheuttaa jälkeläisen kuoleman jo ennen syntymää tai viimeistään ennen lisääntymisikää, jos alleeli esiintyy homotsygoottisena, eli jos se on peritty molemmilta vanhemmilta.

KytKentäristeytyksissä tutkitaan samassa kromosomissa olevien geenien periytymistä. Jos tutkittavat geenit ovat samassa kromosomissa lähellä (tiukasti kytkeytyneinä), jälkeläisissä on vain vanhempien kaltaisia yksilöitä.

Geenien vaihdunta eli ”crossing over” -tapauksissa geenien välinen kytKentä purkautuu meiosisin vähennysjaon keskivaiheessa. Sen seurauksena syntyy vanhemmista poikkeavia ominaisuusyhdistelmiä.

Polygeenisessä periytymisessä (määrällisten ominaisuuksien periytyminen) ominaisuuteen vaikuttaa kaksi tai useampia eri lokuksien geenejä.

Sukupuutehtävissä selvitetään, onko tietyn fenotyyppiin aiheuttama alleeli dominoiva vai resessiivinen ja sijaitseeko kyseinen alleeli autosomissa vai sukupuolikromosomissa.

Sukupuolikromosomien geenit vaikuttavat pääsääntöisesti sukupuoliominaisuuksiin, mutta X-kromosomista tunnetaan ainakin 750 muihin ominaisuuksiin vaikuttavaa geeniä. Y-kromosomista näitä tunnetaan vain vähän. Jotta nainen ilmentäisi X-kromosomissa periytyvää resessiivistä ominaisuutta, hänen on perittävä kyseinen alleeli sekä isältään että äidiltään. Miehellä pelkkä äidiltä peritty alleeli aiheuttaa ominaisuuden, koska Y-kromosomissa ei ole vastinalleeleja X-kromosomin geeneille.

Ohjeita risteytystehtävän ratkaisemiseen

Ratkaistessasi risteytystehtävää noudata seuraavia ohjeita:

1. Selvitä, mitä kysytään. Päättele tai tee oletus. Sinun täytyy perustella vastauksesi risteytyskaavion avulla. Risteytystehtävässä voidaan tarkastella vain yhtä ominaisuusparia, jolloin kyseessä on monohybridiristeytys, tai kahta ominaisuusparia, jolloin kyseessä on dihybridiristeytys. Tarkastelun kohteena voivat olla dominoivat tai resessiiviset alleelit, multippeilit ja yhteisvallitsevat alleelit, välimuotoinen ja sukupuoleen sitoutunut periytyminen.
2. Valitse kirjaimet, joilla kuvaat ominaisuuden alleeleita. Käytä dominoivasta alleelistä isoa ja resessiivisestä alleelistä pientä kirjainta (isojen ja pienten kirjaimien tulee erottua selvästi toisistaan). Merkitse ne selityksineen näkyviin. Muista käyttää aina saman geenin eri alleeleista samaa kirjainsymbolia. Yleensä on tapana valita merkinnäksi resessiivisen piirteen alkukirjain. Mikäli alleeleita on enemmän kuin kaksi (multippeilit alleelit), käytä apuna indeksejä (esim. I^A , I^B , i).
3. Merkitse näkyviin, minkälaisia yksilöitä olet risteyttämässä.
4. Tarkista, minkälaisia sukusoluja kummallekin vanhemmista voi syntyä, ja tee risteytystaulukko, mihin merkitset sukusolut sekä jälkeläisten geno- ja fenotyytit.
5. Kaavio kuvaa jälkeläisten todennäköisiä lukusuhteita (odotettu jakauma) kyseisessä risteytyksessä. Kirjoita lukusuhteet aina näkyviin. Näitä todennäköisiä lukusuhteita tulee verrata risteytyskokeessa saatuihin lukusuhteisiin.
6. Vastaa tehtävän kysymykseen kirjallisesti. Vastauksen tulee olla yksiselitteinen ja selkeä. Apuna perusteluun tarvitset tekemääsi kaaviota.

Esimerkki:

Tanssivat ja tavalliset hiiret



Miten seuraavien risteytyskokeiden tulokset ovat selitettävissä? Perustele ratkaisusi myös periytymiskaavioin.

- Harmaa normaali (normaalisti liikkuva) hiiri ja valkea normaali hiiri risteytettiin keskenään. Poikueissa kaikki syntyneet 35 jälkeläistä olivat harmaita, mutta niistä 9 oli ns. tanssihiiriä (häiriö sisäkorvan tasapainoelimessä).
- Toisessa kokeessa risteytettiin keskenään kaksi harmaata normaalia hiirtä. Eri poikueiden yhteenlasketut jälkeläiset olivat seuraavanlaisia: 19 harmaata, normaalia, 7 harmaata tanssihiirtä, 6 valkoista, normaalia ja 3 valkoista tanssihiirtä.

Kysymyksessä tarkastellaan kahta ominaisuutta, karvan väriä (harmaa tai valkea) ja hiiren kykyä liikkua (normaalisti liikkuva tai tanssihiiri), eli kyseessä on dihybridiristeytys. Molemmista tutkittavista ominaisuuksista esiintyy kahta erilaista fenotyyppiä: karvan väristä harmaa ja valkea sekä liikkumiskyvystä normaalisti liikkuva ja ”tanssihiiri”.

Oletukset: Tanssitaidon aiheuttava alleeli on resessiivinen, koska normaalisti liikkuvat hiiret voivat saada tanssivia jälkeläisiä. Valkean värin aiheuttava alleeli on resessiivinen, koska harmaat hiiret voivat saada valkeita jälkeläisiä.

Alleelien merkintä:

V = harmaa, v = valkea;
T = normaalisti liikkuva, t = tanssiva

Risteytykset:

a.

fenotyyppi:

harmaa normaalisti liikkuva × valkea normaalisti liikkuva

genotyyppi:

VVTt × vvTt

sukusolut:

VT ja Vt vT ja vt

suku-solut	VT	Vt
vT	VvTT harmaa ja normaalisti liikkuva	VvTt harmaa ja normaalisti liikkuva
vt	VvTt harmaa ja normaalisti liikkuva	Vvtt harmaa tanssiva

Vastaus:

Fenotyypit taulukossa (teoreettiset lukusuhteet): 3:1

risteytyksessä: 26:9

(lähes todennäköisen lukusuhteen mukainen)

Tanssitaidon aiheuttava alleeli on resessiivinen, koska normaalisti liikkuvat hiiret voivat saada tanssivia jälkeläisiä (katso risteytystaulukko).

b.

fenotyyppi:

harmaa ja normaali $\times$ harmaa ja normaali

genotyyppi:

VvTt $\times$ VvTt

sukusolut:

VT, Vt, vT ja vt $\times$ VT, Vt, vT ja vt

sukusolut	VT	Vt	vT	vt
VT	VVTT harmaa ja normaalisti liikkuva	VVTt harmaa ja normaalisti liikkuva	VvTT harmaa ja normaalisti liikkuva	VvTt harmaa ja normaalisti liikkuva
Vt	VVTt harmaa ja normaalisti liikkuva	VVtt harmaa tanssiva	VvTt harmaa ja normaalisti liikkuva	Vvtt harmaa tanssiva
vT	VvTT harmaa ja normaalisti liikkuva	VvTt harmaa ja normaalisti liikkuva	vvTT valkea ja normaalisti liikkuva	vvTt valkea ja normaalisti liikkuva
vt	VvTt harmaa ja normaalisti liikkuva	Vvtt harmaa tanssiva	vvTt valkea ja normaalisti liikkuva	vvtt valkea tanssiva

Vastaus:

Fenotyypit taulukossa (teoreettiset lukusuhteet): 9:3:3:1 jälkeläisiä risteytyksessä: 19:7:6:3
Harmaan karvan värin aiheuttava alleeli on dominoiva ja valkoisen resessiivinen, koska jälkeläisissä esiintyy valkeita yksilöitä. Jälkeläisten lukusuhteet vastaavat hyvin todennäköisiä lukusuhteita.

1. Mendelin säännöt

Eri kromosomeissa sijaitsevat saman geenin alleelit periytyvät sukupolvesta toiseen Mendelin sääntöinä tunnettujen perinnöllisyyden periaatteiden mukaisesti.

Mendelin 1. sääntö

Marsuilla musta turkinväri (V) on dominoiva ominaisuus ja valkoinen (v) resessiivinen. Risteytetään musta homotsygoottinen koirasmarsu ja valkoinen naarasmarsu. Merkitse

- P-polven genotyytit ja sukusolutyytit (1 p)
- F₁-polven jälkeläisten geno- ja fenotyytit (1 p)
- Määrittele F₁-polven tuloksen perusteella Mendelin 1. sääntö (yhdenmukaisuussääntö). (1 p)

Mendelin 2. sääntö

Risteytetään keskenään kaksi F₁-polven heterotsygoottista marsua. Merkitse

- risteytettävien yksilöiden genotyytit ja sukusolut (1 p)
- F₂-polven jälkeläisten geno- ja fenotyytit (1 p)
- Kirjoita F₂-polven tuloksen perusteella Mendelin 2. sääntö (erkanemissääntö). (1 p)

2. Kaniinin karvanväri

Kaniinin karvanväri määräytyy multipplelien alleelien perusteella. Harmaan värin alleeli dominoi albinismialleelia ja alleelia, joka aiheuttaa himalaja-albinismin. Himalaja-albinismin alleeli puolestaan dominoi albinismialleelia. Harmaan kanin ja himalajankanin yhteisistä jälkeläisistä oli 6 harmaata, 3 himalajankania ja 2 albiinoa.

- Mitkä ovat vanhempien mahdolliset genotyytit? (3 p)
- Kaksi näistä harmaista jälkeläisistä risteytettiin keskenään, jolloin tuloksena oli 8 harmaata ja 2 himalajankania. Mitkä ovat tässä tapauksessa vanhempien mahdolliset genotyytit? Perustele vastauksesi ja esitä risteytyskaaviot. (3 p)

3. Albinismi

Albinismi on ihmisellä resessiivisen geenin aiheuttama ominaisuus. Millä todennäköisyydellä syntyy albiinolapsi tai normaalipigmenttinen lapsi perheeseen, jossa äiti on normaalipigmenttinen, äidin isä on albiino, isä on normaali-pigmenttinen ja hänen äitinsä on albiino?

4. Nautojen sarvet

yo s-12

Naudalla sarvettomuus (nupous) on vallitseva ja sarvellisuus väistävä ominaisuus. Sarveton sonni risteytettiin kolmen lehmän (A–C) kanssa. Sarvettomalle lehmälle A syntyi nupo lehmä-vasikka.

Voidaanko tämän perusteella päätellä sonnin genotyyppi? Perustele. Sama sonni risteytettiin sarvellisen lehmän B ja sarvettoman lehmän C kanssa. Molemmat saivat sarvellisen sonnivasikan. Perustele, voidaanko näiden jälkeläisten perusteella päätellä sonnin genotyyppi. Onko nupous sukupuoleen sitoutunut ominaisuus?

5. Gerbiilin karvat

Gerbiilin karvanväriä ohjaavasta geenistä tunnetaan useita erilaisia alleeleja. Geenin dominoiva alleeli C saa aikaan normaalin kellanruskean turkin värin, alleeli c^b tuottaa harmaita, tummakorvaisia ja tummahäntäisiä ns. Burman gerbiileitä ja alleeli c^h estää pigmentin (väriaineen) tuotannon kokonaan. Tämä alleeli on resessiivinen kahteen edellä mainittuun nähden.

- Merkitse normaaliväristen gerbiilien mahdolliset genotyytit, Burman gerbiilien genotyytit ja valkoisen gerbiilin genotyyppi. (1 p)
- Millaisia jälkeläisiä syntyy, jos risteytetään normaalivärinen (genotyyppi Cc^h) ja Burman gerbiili (genotyyppi c^bc^h)? (1 p)
- Millä vanhempien genotyypeillä voidaan saada aikaan Burman gerbiilejä? (2 p)
- Millä vanhempien genotyypeillä saadaan valkoisia gerbiilejä? (2 p)

6. Samettikukat

yo s-01

Kasvinjalostaja tuotti samettikukasta (*Tagetes patula*, yksivuotinen koristekasvi) uuden lajikkeen, jonka kukat olivat vaaleankeltaisia. Vanhemmista toinen oli homotsygoottinen valkokukkainen ($A^V A^V$) ja toinen homotsygoottinen voimakkaan keltakukkainen ($A^K A^K$) lajike. A^V ja A^K ovat saman geenin alleeleja. Uutta lajia mainostettiin ”erinomaisena F_1 -hybridinä.”

- Selitä risteytyskaavion avulla, kuinka lajike tuotettiin. (2 p)
- Mitä hankaluuksia aiheutuu puutarhurille, joka haluaa itse tuottaa tämän lajikkeen siemeniä seuraavaa kasvukautta varten? (2 p)
- Kuinka puutarhuri voisi itse tuottaa taimia, joissa kaikissa on vaaleankeltaiset kukat? (2 p)

7. Petunialajikkeet

yo k-06

Osoita risteytyskaavioin, millaisia jälkeläisiä ja missä lukusuhteissa syntyy F_1 - ja F_2 -polvissa, kun risteytetään seuraavanlaiset homotsygoottiset petunialajikkeet: yksinkertainen vaaleakukkainen ja kerrottu punakukkainen. Kukan väri periytyy intermediaarisesti (välimuotoisesti) ja teriön yksinkertaisuus on dominoiva ominaisuus. (6 p)

8. Kissan turkki

yo s-04

Kissan turkin väriin vaikuttaa X-kromosomissa sijaitseva geeni siten, että m-alleeli saa aikaan mustan ja k-alleeli keltaisen värin. Väri periytyy yhteisvallitsevasti: heterotsygootti on mustakeltalaikukas (ns. kilpikonnaväri).

- Kissankasvattaja haluaa tuottaa mustakeltalaikukkaita kissoja. Minkä värinen uroskissa on valittava laikukkaan naaraan pentujen isäksi ja millä todennäköisyydellä kasvattajan toive toteutuu? Esitä ratkaisu periytymiskaavioin. (3 p)
- Miten kasvattaja voi edellistä varmemmin (risteyttämällä) tuottaa laikukkaita kissoja? (3 p)

9. Letaalialleeli

yo s-92

Nainen on harvinaisen resessiivisen letaali-alleelin kantaja. Miten alleelin vaikutukset todennäköisesti ilmenevät hänen lapsissaan, jos alleeli

- sijaitsee autosomissa (3 p)
- periytyy sukupuoleen sitoutuneesti? (3 p)

10. Heinäkasvien varren pituus

yo k-07

Oletetaan, että heinäkasvien varren pituuteen vaikuttaa kolme polymeeristä, eri kromosomeissa sijaitsevaa geeniä A, B ja C. Yksilö, jolla on kaikki pituuskasvua lisäävät alleelit, on genotyyppiltään AABBCC ja pituudeltaan 120 cm. Yksilön aabbcc pituus on 30 cm. Ratkaise periytymiskaavioin:

- minkä mittaisia ovat homotsygoottien AABBCC ja aabbcc jälkeläiset, kun kukin pituutta lisäävä alleeli vaikuttaa pituuskasvuun saman verran eikä ympäristötekijöitä oteta huomioon. (2 p)
- minkä mittaisia jälkeläisiä ja missä lukusuhteissa tuottavat vanhemmat, joiden genotyypit ovat AABbcc ja aaBbCc. (4 p)

11. Ihonväri vaihtelee

Ihonväriltään vaaleanruskeat vanhemmat voivat saada ihonväriltään vaaleanruskeita lapsia, mutta myös aivan tummia tai aivan vaaleita lapsia. Selitä ilmiön syy. Miksi äärityyppisiä edustavat tummat ja vaaleat lapset ovat hyvin harvinaisia? Havainnollista vastaustasi symboleilla. (6 p)

12. Punavihersokeus

Nainen on punavihervärisokea kuten myös hänen miehensä isä. Pariskunnalle syntyvistä kaksosista toinen on tyttö, toinen poika. Kuinka suuri on todennäköisyys, että punavihersokeus ilmenee näissä lapsissa? (6 p)

Ohjeita sukupuutehtävän ratkaisemiseen

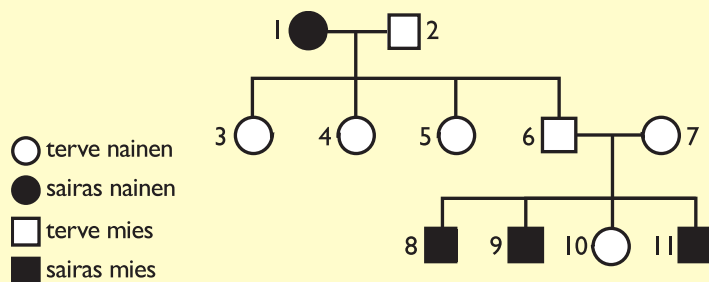
Sukupuutehtävissä selvitetään, onko tietyn fenotyypin aiheuttama alleeli dominoiva vai resessiivinen ja sijaitseeko kyseinen alleeli autosomissa vai sukupuolikromosomissa. Kun kyseessä on yhden geenin (alleeliparin) aiheuttama ominaisuus, periytymisvaihtoehtoja on yleensä viisi:

1. Ominaisuus periytyy autosomissa, ja fenotyypin (esim. sairaus) aiheuttama alleeli on resessiivinen.
2. Ominaisuus periytyy X-sukupuolikromosomissa, ja alleeli on resessiivinen.
3. Ominaisuus periytyy autosomissa, ja fenotyypin aiheuttama alleeli on dominoiva.
4. Ominaisuus periytyy X-sukupuolikromosomissa, ja fenotyypin aiheuttama alleeli on dominoiva.
5. Ominaisuus periytyy Y-kromosomissa.

Esimerkki:

Kystinen fibroosi

Kystinen fibroosi on vaikea yhden geenin aiheuttama perinnöllinen sairaus, jossa potilaalla on jatkuvia hengitysteiden infektoita, haiman vajaatoimintaa jne. Selvitä alla olevan sukupuun perusteella, miten kyseinen sairaus periytyy. Miksi parin 6 ja 7 lapsista niin moni on sairastunut?



1. Päättelä aluksi, voiko ominaisuus periytyä dominoivan alleelin vaikutuksesta. Dominoivan alleelin aiheuttama fenotyyppi ei voi hypätä sukupolven yli eivätkä fenotyypiltään terveet voi saada sairaita jälkeläisiä. Esimerkkitapauksessa henkilöt 6 ja 7 eivät sairasta kystistä fibroosia, joten sairauden aiheuttaa resessiivinen alleeli. Periytymisvaihtoehtoista kohdat 3 ja 4 eivät ole mahdollisia.
2. Seuraavaksi kannattaa tarkastella sijaitseeko geeni Y-kromosomissa. Tämä edellyttää, että kaikki sukupuun miehet (koiraat) ilmentävät ja yksikään nainen ei ilmennä kyseistä fenotyyppiä. Mikäli näin ei ole, voidaan päätellä, että geeni ei voi sijaita Y-kromosomissa.
3. Seuraavaksi tarkastellaan, voiko alleeli olla X-kromosomissa resessiivisenä. Jos sukupuussa on ominaisuutta ilmentävä äiti, hänen kaikkien poikiensa tulee olla ominaisuuden suhteen äidin kaltaisia. Tämä johtuu siitä, että poika perii äidiltään aina X-kromosomin, ja siinä olevat geenit. Tämä väittämä on hyvä todistaa risteytystaulukolla. Esimerkkitapauksessa äiti nro 1 saa terveen pojan, mikä osoittaa kystisen fibroosin aiheuttavan alleelin sijaitsevan autosomissa. Mikäli lokus olisi X-kromosomissa, pojan numero 6 tulisi sairastaa tautia (katso taulukko).

vanhemmat: äiti 1 × isä 2
 genotyyppi: X^kX^k × X^KY
 sukusolut: X^k X^K ja Y

sukusolut	XK	Y
X_k	X_kX_k Terve tyttö	X_kY Sairas poika

4. Mikäli muut periytymistavat on eliminoitu, jää jäljelle 1. periytymisvaihtoehto, eli ominaisuus periytyy autosomissa ja fenotyypin (esim. sairaus) aiheuttama alleeli on resessiivinen. Päätelmä on syytä aina todistaa risteytystaulukon avulla. Jos tehtävässä kysytään todennäköisyyksiä, risteytystaulukko pitää laatia.

vanhemmat: äiti 7 × isä 6
 genotyyppi: Kk × Kk
 sukusolut: K ja k K ja k

sukusolut	K	k
K	KK terve	Kk terve
k	Kk terve	kk sairas

Vanhemmat 6 ja 7 ovat kantajia (Kk × Kk). Todennäköisyyden mukaan heidän lapsistaan kolmen pitäisi olla terveitä ja yhden sairaa. Sattuma on tässä tapauksessa kuitenkin vaikuttanut siihen, että teoreettiset lukusuhteet eivät vastaa todellisia. Sattuman vaikutus on suuri, koska jälkeläismäärä on hyvin pieni.

13. Periytyvä tauti

yo s-11

Taudin aiheuttaa resessiivinen, sukupuoleen sitoutunut alleeli. Millä todennäköisyydellä tauti periytyy lapselle seuraavissa tapauksissa? Perustele vastauksesi.

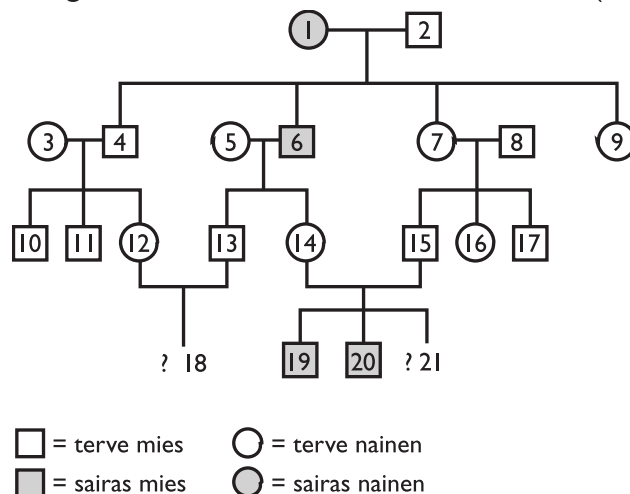
- Isä on sairas ja äiti terve, mutta äidinisä sairastaa tautia.
- Isä ja äiti ovat terveitä, mutta äidinäiti sairastaa tautia.

14. Kyläyhteisö

yo k-98

Pienessä kyläyhteisössä elävä pariskunta saa neljä lasta, joista yksi sairastaa samaa harvinaista perinnöllistä tautia kuin äitinsä. Oheisessa sukupuussa seurataan sairauden periytymistä neljässä sukupolvessa.

- Onko sairausgeeni resessiivinen vai dominoiva? (1 p)
- Periytyykö tauti sukupuoleen sitoutuneesti vai autosomaalisesti? Perustele vastauksesi. (1 p)
- Millä todennäköisyydellä pariskunnan 12 ja 13 jälkeläinen (18) on sairas? Esitä perustelu risteytyskaaviona, joista ilmenevät henkilöiden genotyyppi ja fenotyyppi. (2 p)
- Pariskunnalle 14 ja 15 syntyy kaksi poikaa, molemmat sairaita. Millä todennäköisyydellä seuraava lapsi (21) on sairas? Perustele samalla tavalla kuin edellisessä kohdassa. Oletetaan, että suvun ulkopuolelta tulleilla ei ole kyseistä sairausgeeniä. (2 p)

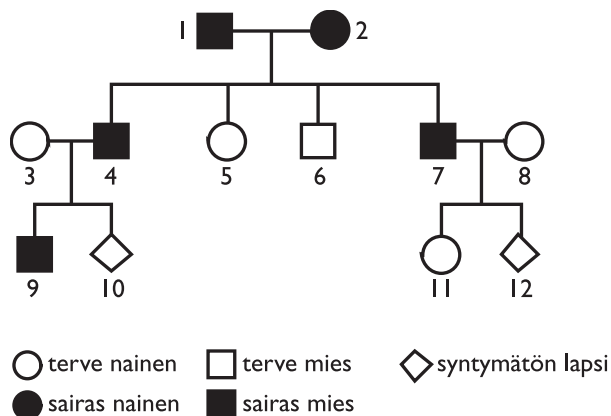


15. Munuaissairauden sukupuu

yo s-06

Oheinen sukupuu esittää perinnöllisen munuais-
taudin ilmenemistä eräässä suvussa.

- Päättele ja perustele, periytyykö tauti dominoi-
vasti vai resessiivisesti ja onko se autosomaali-
nen vai sukupuoleen kytkeytynyt. (2 p)
- Mitkä ovat henkilöiden I–9 ja II genotyypit? (2 p)
- Sukuun odotetaan kahta uutta lasta (nume-
rot 10 ja 12). Onko näiden lasten riski sairastua
kyseiseen tautiin samanlainen? Perustele vas-
tauksesi. (2 p)

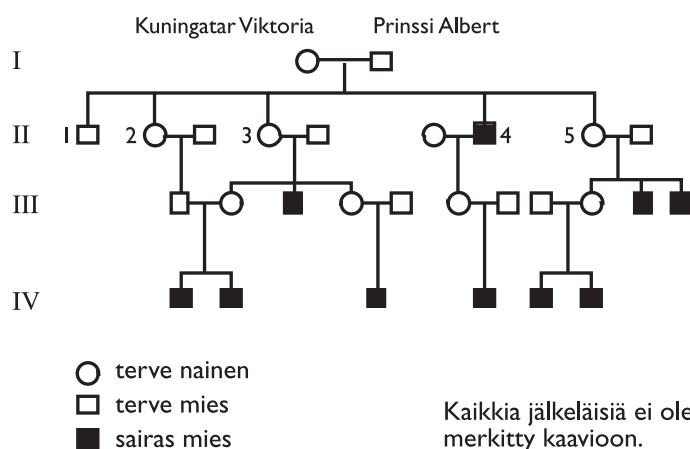


16. Ongelmia kuningasperheessä

yo s-03

Englannin kuningattaren Victorian esivanhem-
pien suvuissa ei esiintynyt hemofiliaa. Sen sijaan
tauti oli rasitteena useilla hänen jälkeläisillään
monissa Euroopan hallitsijaperheissä.

- Miten taudin alkuperä tässä suvussa voidaan
selittää? (1 p)
- Mitkä ovat Victorian ja Albertin lasten
(kaaviossa I–5) genotyypit? (1 p)
- III polvessa serkukset saivat keskenään kaksi
hemofiliasta poikaa. Arvioi sukulaisuuden vaiku-
tus taudin periytymiseen. (2 p)
- Britannian hallitsijasuku polveutuu Victorian
vanhimma pojasta Edvard VII:stä (I).
Onko mahdollista, että hemofilia periytyy
hänen jälkeläisilleen? Perustele. (2 p)



Ohjeita geenien sijainnin tutkimiseen risteytyksen avulla

Jos kahden geenin lokukset ovat samassa kromosomissa, geenien sanotaan olevan kytkettyneitä. Kytkeytyneiden geenien suhteen heterotsygoottinen yksilö voi tuottaa vain kahdenlaisia sukusoluja, koska samassa kromosomissa sijaitsevat alleelit periytyvät yhdessä.

Tekijäinvaihdunta eli crossing over voi kuitenkin purkaa tämän kytkennän. Näin syntyy neljänlaisia sukusoluja aivan kuten geenien lokusten ollessa eri kromosomeissa. Tekijäinvaihdunnan seurauksena syntyneitä sukusoluja syntyy yhteensä kuitenkin aina selvästi vähemmän kuin 50 %.

Tekijäinvaihduntaa tutkitaan testi- eli takaisinristeytyksen avulla. Testiristeytys tarkoittaa, että resessiivinen homotsygootti risteytetään heterotsygoottisen yksilön kanssa. Tällaisessa risteytyksessä syntyneet jälkeläisissä ilmenevät uudet ominaisuusyhdistelmät kertovat tekijäinvaihdunnan aiheuttamista kytkentöjen purkautumisista. Mitä enemmän näitä jälkeläisiä on suhteessa vanhempien kaltaisiin jälkeläisiin, sitä useammin kytkentä on purkautunut. Crossing over -prosentti puolestaan kertoo, kuinka etäällä geenien lokukset ovat toisistaan.

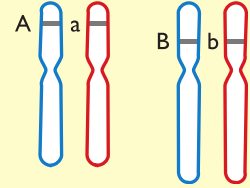
Testiristeytys $AaBb \times aabb$, kun geenien lokukset ovat:

a. eri kromosomeissa

F_1 -polvi: $AaBb \times aabb$
sukusolut: $AB, Ab, aB, ab \times ab$

suku-solut	AB	Ab	aB	ab
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

25 % 25 % 25 % 25 %

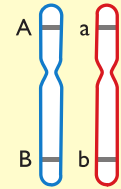


b. samassa kromosomissa etäällä toisistaan

F_1 -polvi: $AaBb \times aabb$
sukusolut: $AB, Ab, aB, ab \times ab$

suku-solut	AB	Ab	aB	ab
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

selvästi alle 50 % selvästi
yli 25 % yli 25 %

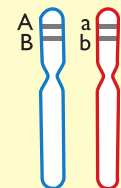


c. samassa kromosomissa aivan vierekkäin.

F_1 -polvi: $AaBb \times aabb$
sukusolut: $AB \text{ ja } ab \times ab$

sukusolut	AB	ab
ab	AaBb	aabb

50 % 50 %



Esimerkki:

Kolmen kytkeytyneen geenin sijaintien selvittäminen

Geenit K, L, ja M sijaitsevat samassa kromosomissa. Niiden sijaintipaikan selvittämiseksi tehtiin kolme eri testiristeytystä (heterotsygootti ja resessiivinen homotsygootti risteytettiin keskenään), joissa kussakin tarkasteltiin aina kahden geenin aiheuttamia ominaisuuksia kerrallaan. Eri takaisinristeytyksissä saatiin seuraavat tulokset:

suku-solut	Vanhempien kaltaisia	Vanhemmista poikkeavia
K ja L	90 %	10 %

K ja M	72 %	28 %
L ja M	82 %	18 %

Esitä risteytykset kirjainkaavioin (risteytystaulukko). Piirrä kaavakuva geenien K, L ja M välisistä suhteellisista etäisyyksistä kromosomissa.

Vastaus:

F₁-polvi: KkLl × kkl
sukusolut: KL, kl, kL, Kl kl

sukusolut	KL	kl	kL	Kl
kl	KkLl	kkll	kkLl	Kkll

90% 10%

F₁-polvi: KkMm × kkmm
sukusolut: KM, km, kM, Km km

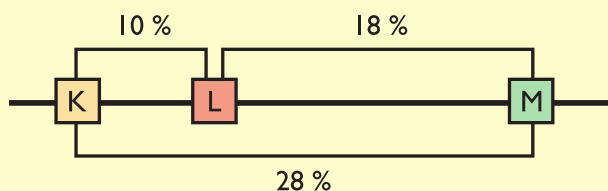
sukusolut	KM	km	kM	Km
km	KkMm	kkmm	kkMm	Kkmm

72 % 28 %

F₁-polvi: LlMm × llmm
sukusolut: LM, lm, lM, Lm lm

sukusolut	LM	lm	lM	Lm
lm	LlMm	llmm	lLMm	Llmm

82 % 18 %



17. Eri kromosomeissa vai samassa?

- Millaisia alleeliyhdistelmiä voi tulla sukusoluihin, kun yksilöiden genotyypit ovat KkPp, KkPP, KKpp, kkPp ja kkpp? Geenit ovat eri kromosomeissa. (2 p)
- Millaisia alleeliyhdistelmiä sukusoluihin voi tulla, jos genotyypin KkPp tarkasteltavat geenit ovat samassa kromosomissa lähekkäin? (1 p)
- Entä, jos ne ovat samassa kromosomissa etäällä toisistaan? Havainnollista tapahtumaa piirroksella. (3 p)

yo s-06

18. Mikä genotyyppi?

Miten voidaan risteyttämällä osoittaa, mikä on kahta vallitsevaa ominaisuutta ilmentävän eliön genotyyppi, kun näitä ominaisuuksia säätelevät geenit ovat eri kromosomeissa? Käytettävissä on myös molempia resessiivisiä ominaisuuksia ilmentävä homotsygoottinen eliökanta. Esitä ratkaisumahdollisuudet risteytyskaavioin. (6 p)

yo k-06

19. Crossing over

Autosomaaliset geenit A, B, C ja D ovat kytkeytyneet. Risteytyksissä on todettu kytkennän purkautuvan jälkeläistössä seuraavasti: välissä A–B 30 %, A–C 10 %, C–D 45 %, B–D 5 % ja B–C 40 %.

- Piirrä kaaviokuva kromosomista, jossa geenit ovat toisiinsa nähden oikeilla kohdilla. (2 p)
- Millaisia sukusoluja ja missä määrasuhteissa heterotsygoottinen yksilö AaBbCcDd tuottaa, kun tekijäinvaihdunta (geenienvaihdunta) tapahtuu geenien A ja B välissä (2 p)
- Mikä merkitys tekijäinvaihdunnalla on? (2 p)

20. Banaanikärpäsiä

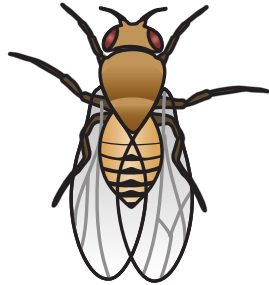


Kahden alleeliparin suhteen heterotsygoottisia banaanikärpäsiä (*Drosophila melanogaster*) risteytettiin homotsygoottisten banaanikärpästen kanssa.

Alleelit olivat

A: normaali ruumis, a: tumma ruumis

B: normaalit siivet, b: lyhytsiipinen



C: ruumis karvainen, c: ruumis karvaton

D: punaiset silmät, d: värittömät silmät

Kolmessa risteytyksessä (a–c) jälkeläisiä syntyi seuraavasti:

a) naaras koiras	b) naaras koiras	c) naaras koiras
AaBb × aabb	AaCc × aacc	AaDd × aadd
kaikkia mahdollisia genotyypppejä yhtä paljon	vain vanhempien genotyypppejä	Vanhempien genotyypppejä 92 % muita mahdollisia genotyypppejä yhteensä 8 %

Laadi risteytyskaaviot ja selosta, mistä erot jälkeläisten genotyyppien lukusuhteissa johtuvat.

21. Tomaattikasvien risteytys



Kaksi tomaattikasvia risteytettiin keskenään. Risteymän siemenistä kehittyi 124 kookasta, punahedelmäistä ja 119 matalaa, keltahedelmäistä kasvia. Ennestään tiedettiin kookkaan kasvun (M) ja punaisen hedelmän värin (K) olevan dominoivia ominaisuuksia. Selvitä kummankin sukupolven geno- ja fenotyyppit. Mitä voit päätellä geenien sijainnista kromosomistossa toisiinsa nähden? Perustele vastauksesi.

9 Evoluutio perustuu muunteluun ja luonnonvalintaan

Muuntelu näkyy eroina populaation yksilöiden rakenteessa, elintoiminnoissa ja käyttäytymisessä. Yksilöiden erilaisuuden ansiosta populaatio voi sopeutua muuttuvaan elottomaan ja elolliseen ympäristöön. Muuntelu toimii eräänlaisena henkivakuutuksena populaatioille, koska yleensä ainakin joillakin yksilöillä on muuttuneessa ympäristössä tarvittavia ominaisuuksia. Sopeutumista edistävät alleelit yleistyvät luonnonvalinnan seurauksena, ja populaatiossa tapahtuu evoluutiota. Esimerkiksi arat kalliojyrkänteillä elävät kalliokyyhkyt ovat kehittyneet kaupunkiympäristössä rohkeiksi puluiksi muutamassa kymmenessä sukupolvessa.

Muuntelu ilmenee saman lajin yksilöiden välisenä erilaisuutena

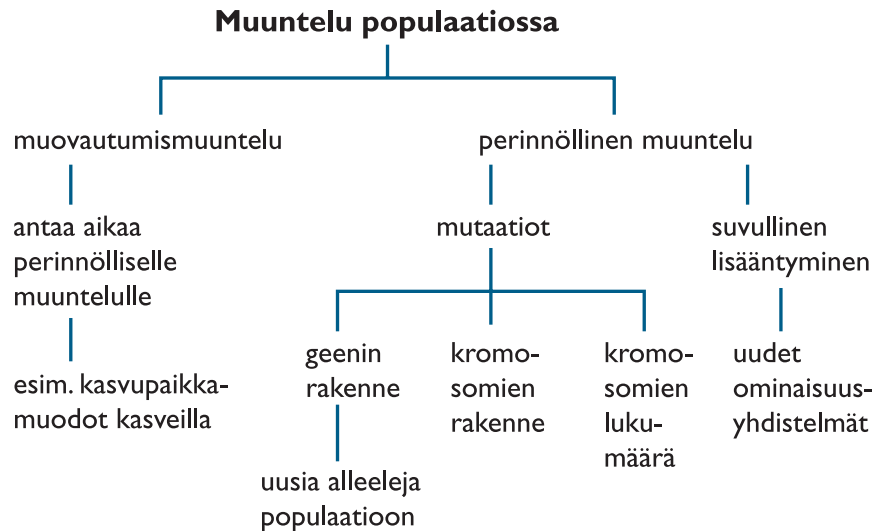
Saman lajin yksilöiden välistä vaihtelua yhden tai useamman ominaisuuden suhteen kutsutaan muunteluksi. Sitä esiintyy populaation sisällä ja eri populaatioiden välillä. Muuntelu on joko ympäristön aiheuttamaa tai perittyä.

Ympäristön aiheuttama muovautumismuuntelu ei periydy, mutta perimä asettaa sille rajat. Muovautumismuuntelu auttaa populaation yksilöitä sopeutumaan ympäristöönsä muuttuvissa olosuhteissa ja antaa populaatiolle aikaa sopeutua pysyviin muutoksiin myös perinnöllisesti.

Perinnöllisen muuntelun perustana ovat perintötekijöissä tapahtuneet pysyvät muutokset eli mutaatiot, jotka periytyvät jälkeläisille. Perinnöllisen muuntelun seurauksena populaatioon syntyy uudenlaisia yksilöitä. Suvuttomasti lisääntyvillä eliöillä perinnöllinen muuntelu perustuu yksinomaan mutaatioihin ja bakteereilla myös rekombinaatioon.

Suvullisessa lisääntymisessä alleelit järjestäytyvät sattumanvaraisesti uudenlaisiksi yhdistelmiksi. Tätä geenien uudelleen järjestäytymistä kutsutaan geneettiseksi rekombinaatioksi, ja sen seurauksena syntyy sekä perimältään että ilmiänsultaan ainutkertaisia yksilöitä.

Geneettisen rekombinaation aiheuttaa vastinkromosomien vapaa järjestäytyminen meiosisin vähennysjaossa (mendelistinen rekombinaatio) ja vastinkromosomien välinen tekijäinvaihdunta (crossing-over).

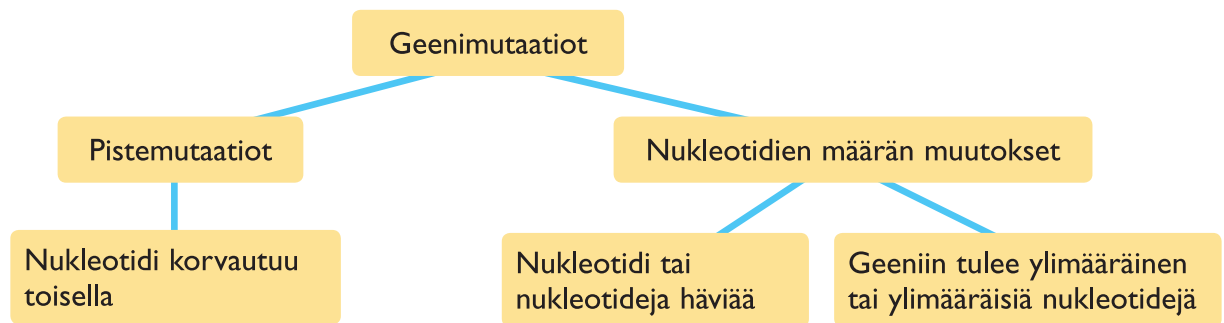


Mutaatiot ovat muuntelun perusta

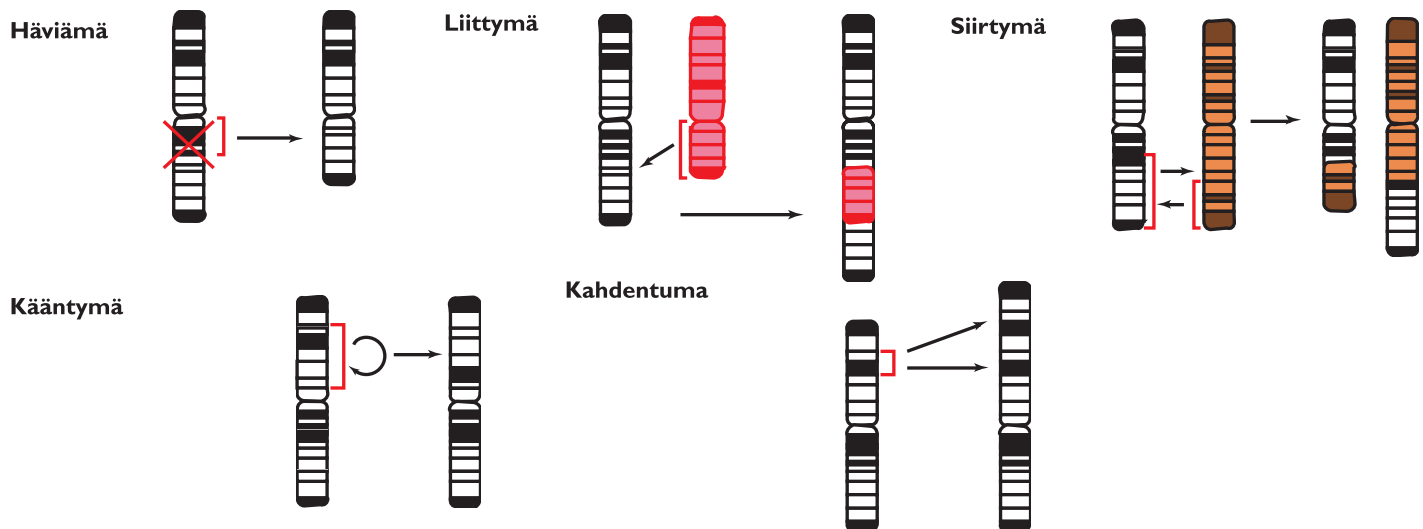
Mutaatioita syntyy DNA:n kopiointivirheinä tai ympäristötekijöiden vaikutuksesta. Ennen solunjakautumista DNA kahdentuu ja kahdentumisen aikana tapahtuu usein virheitä. Mikäli DNA:n korjaamisesta huolehtivat entsyymit eivät kykene paikkaamaan vaurioitunutta osaa, muutos jää pysyväksi. Tällaisia muutoksia kutsutaan spontaaneiksi mutaatioiksi. Mutaatiot voivat olla hyödyllisiä, haitallisia tai niillä ei ole mitään vaikutuksia. Mutaatioita aiheuttavia ympäristötekijöitä kutsutaan mutageeneiksi. Tärkeimpiä mutageeneja ovat ionisoiva säteily ja UV-säteily, monet luonnossa syntyvät tai synteettisesti valmistetut kemialliset yhdisteet sekä eräät virukset.

Mutaatiot jaetaan kolmeen päätyyppiin

1. Geenimutaatiot tarkoittavat yksittäisen geenin rakenteen muutosta. Mikäli mutaatio kohdistuu somaattiseen soluun, voi seurauksena olla häiriöitä yksilön kehityksessä tai solun muuttuminen syöpäsoluksi. Ituradan soluissa tapahtuneet mutaatiot tuottavat toisinaan uusia alleleita, jotka ovat muuntelun edellytys. Uudet alleelit ovat yleensä haitallisia tai neutraaleja, mutta harvoin hyödyllisiä. Ympäristöolosuhteiden muuttuessa myös neutraalit ja haitalliset alleelit voivat muuttua hyödyllisiksi. Solutasolla geenimutaatiot aiheuttavat usein proteiinien rakennemuutoksia, koska nukleotidien järjestyksessä tapahtuvat muutokset voivat muuttaa aminohappojärjestystä.

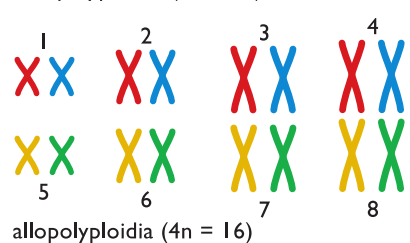
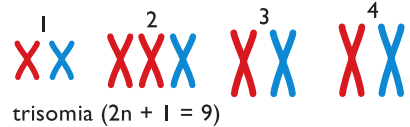
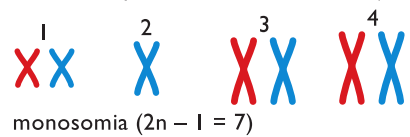
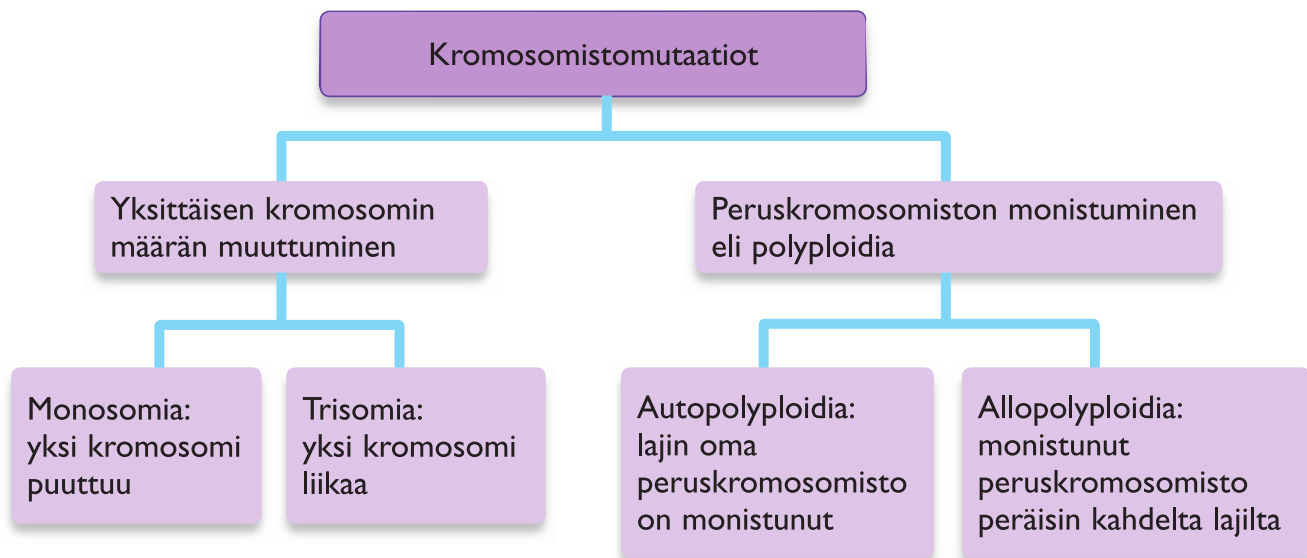


2. Kromosomimutaatio tarkoittaa yksittäisen kromosomin rakenteen muutosta, minkä seurauksena geenien määrä tai järjestys kromosomissa muuttuu. Kromosomimutaatiot voivat aiheuttaa muutoksia yksilönkehityksessä, ja niillä on ollut merkittävä rooli eläinten evoluutiossa. Solutasolla kromosomimutaatiot vaikuttavat tuotettujen proteiinien määriin.



3. Kromosomistomutaatio tarkoittaa kromosomiluvun muutosta. Muutos voi kohdistua yksittäiseen kromosomiin tai kokonaiseen kromosomistoon. Kromosomistomutaatiot aiheutuvat häiriöstä meioosissa. Näillä mutaatioilla on tärkeä merkitys kasvien evoluutiossa, koska polyploidiodien seurauksena syntyy nopeakasvuisia yksilöitä ja lajiristeymiä.

Kromosomistomutaatiot

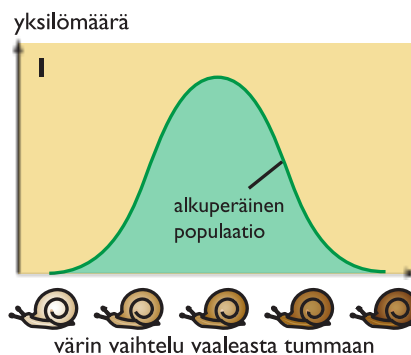


Luonnonvalinta vaikuttaa mikroevoluutioon

Mikroevoluutiolla tarkoitetaan populaatiossa tapahtuvaa muuttumista ja kehitystä. Sen edellytyksenä on muuntelu eli yksilöiden väliset erot. Suurissa populaatioissa luonnonvalinta on pääasiallinen mikroevoluutioon vaikuttava tekijä. Koska ympäristön tarjoamat resurssit ovat rajalliset, populaation sisällä esiintyy yksilöiden välistä kilpailua. Siinä menestyvät ne yksilöt, joilla on senhetkiseen ympäristöön ja olosuhteisiin parhaiten sopeutuva ominaisuuksien yhdistelmä. Näillä yksilöillä on paras kelpoisuus (fitness), mikä ilmenee siinä, että ne kykenevät tuottamaan keskimäärin muita enemmän lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Näin kelpoisuutta lisäävät alleelit alkavat yleistyä populaatiossa.

Valintatyypit

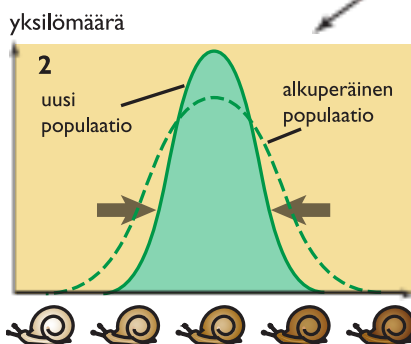
1. Populaatio, johon luonnonvalinta kohdistuu. Populaation yksilöt noudattavat normaalijakaumaa yhden ominaisuuden suhteen.



ympäristö vakaa

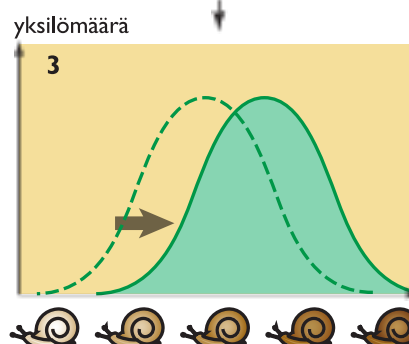
ympäristö muuttuu

ympäristö vaihtelee



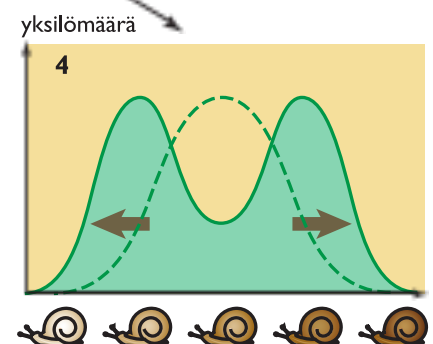
Tasapainottava valinta

2. Vakaisissa ja muuttumattomissa olosuhteissa luonnonvalinta suosii keskivertoyksilöitä ja karsii äärityypppejä. Tämä tasapainottava valinta vähentää muuntelua tai säilyttää sen samana karsimalla keskiarvoyksilöistä selvästi poikkeavia ääriyksilöitä.



Suuntaava valinta

3. Mikäli alueen ympäristö muuttuu tai populaation yksilöitä siirrytään ympäristöltään erilaiselle alueelle, valinta alkaa suosia uusiin olosuhteisiin parhaiten sopeutuneita fenotyypppejä, jotka edustavat tietyn ominaisuuden suhteen jotain ääripäätä. Kyseessä on suuntaava valinta, joka muuttaa populaation alleelikoostumusta merkittävästi.



Hajottava valinta

4. Hajottavaa valintaa esiintyy olosuhteissa, joissa populaation elinympäristö vaihtelee suuresti. Kullakin osa-alueella paras kelpoisuus saavutetaan erilaisilla fenotyypeillä, joten valinta alkaa suosia keskivertoyksilöistä poikkeavia ääripään yksilöitä. Näin myös muuntelu lisääntyy populaatiossa. Erilaisiin olosuhteisiin sopeutuneet alapopulaatiot voivat aikojen kuluessa kehittyä omiksi lajeikseen.

Valinta toimii eri tavoin vakaassa ja muuttuvassa ympäristössä. Kun ympäristöolosuhteet pysyvät pitkään vakaina, populaatiolla on aikaa sopeutua hyvin ympäristöönsä ja ominaisuuksiltaan keskiarvoiset yksilöt alkavat yleistyä. Puhutaan tasapainottavasta valinnasta. Jos ympäristössä tapahtuu suuria muutoksia tai populaatio siirtyy uudelle alueelle, valinta muuttuu suuntaavaksi. Suuntaava valinta suosii muuttuneisiin olosuhteisiin parhaiten sopeutuneita yksilöitä, jotka olivat populaatiossa aikaisemmin harvalukuisia. Mikäli populaation eri yksilöihin kohdistuu erilaisia valintapaineita, puhutaan hajottavasta valinnasta. Hajottava valinta suosii ominaisuusjakauman kummankin ääripään yksilöitä ja karsii keskivertoyksilöitä.

Valinta voi populaatiossa kohdistua lisääntymistä edistäviin ominaisuuksiin, jolloin puhutaan seksuaali- tai sukupuolivalinnasta. Sukupuolivalinnassa eri sukupuolta oleviin yksilöihin kohdistuu erilaisia valintapaineita. Monien kala- ja lintulajien uroksilla on värikäs ja näyttävä ulkoasu, jonka tarkoituksena on houkutella mahdollisimman paljon lisääntymiskumppaneita. Naaraat ovat sen sijaan usein väritykseltään vaatimattomia, koska valinta suosii ympäristöön sulautuvia suojavärejä.



Mandariinisorsa, naaras



Mandariinisorsa, koiras

TEHTÄVÄT

1. Mutaatiotyypit

- Missä yksilön soluissa tapahtuvilla mutaatioilla on vaikutusta evoluutiossa? (1 p)
- Miksi geenimutaatioiden aiheuttama muuntelu on tärkeää evoluutiolle? (1 p)
- Mitkä muut tekijät mutaatioiden lisäksi aiheuttavat muuntelua? (2 p)
- Miksi suvuttomasti lisääntyvässä populaatiossa esiintyy vähemmän muuntelua kuin suvullisesti lisääntyvässä? (1 p)
- Mitä merkitystä on säätelygeenien mutaatioilla? (1 p)

2. Perunan muuntelu

Peruna lisääntyy suvuttomasti mukuloista ja myös niiden palasista.

- Mitä tarkoittaa suvuton lisääntyminen? (2 p)
- Mitä etua perunalle on lisääntyä suvuttomasti? (1 p)
- Mieti mahdollisimman monta syytä, miksi perimältään samanlaiset perunat voivat olla ominaisuuksiltaan hyvin erilaisia. (1 p)
- Mistä muuntelusta on tällöin kyse ja mitä hyötyä siitä on perunalle? (2 p)

3. Muuntelu mahdollistaa sopeutumisen

Vastaa seuraaviin kysymyksiin.

- Miksi suvuttomasti lisääntyvillä eliöillä pääasiassa mutaatiot aiheuttavat perinnöllistä muuntelua? (2 p)
- Miksi useimmissa populaatioissa esiintyy sekä muovautumis- että perinnöllistä muuntelua? (2 p)
- Miksi mutaatiot ovat välttämättömiä perinnöllisessä muuntelussa? (2 p)

4. Ihmisen X-kromosomin mutaatioita

yo k-00

- Millaisia mutaatiotyyppisiä tunnetaan ihmisen X-kromosomista? (1,5 p)
- Miten ne syntyvät? (1,5 p)
- Miten ne periytyvät? (3 p)

5. Geenimutaatio

Ohessa on patkka eräästä ihmisen kasvutekijän (hIGF) muodostumista ohjaavan geenin koodaavasta juosteesta.

- Mikä on alla olevan geeninpatkan koodista syntyvän aminohappoketjun aminohappojärjestys? Käytä apunasi sivun 278 taulukkoa. (2 p)
GGA CCG GAG ACG CTC TGC GGG GCT
GAG CTG GTG GAT GCT
- Minkälainen muutos aminohappoketjussa tapahtuu, jos kuudennen emäskolmikon tymiini muuttuu adeniiniiksi pistemutaation seurauksena? Mitä vaikutuksia sillä voi olla syntyvään proteiiniin? (2 p)
- Miten vaikuttaisi, jos kuudennesta emäskolmikosta häviäisi keskimmainen emäs? (2 p)

6. Albiinovaris

yo k-04

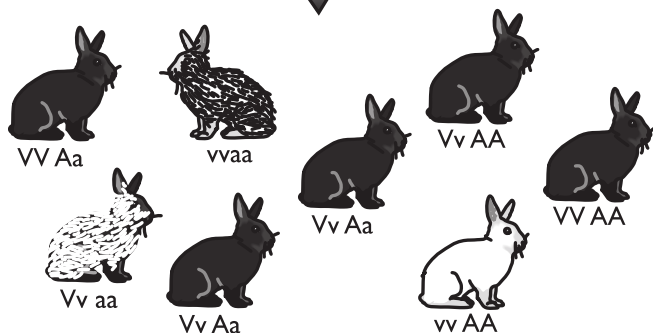
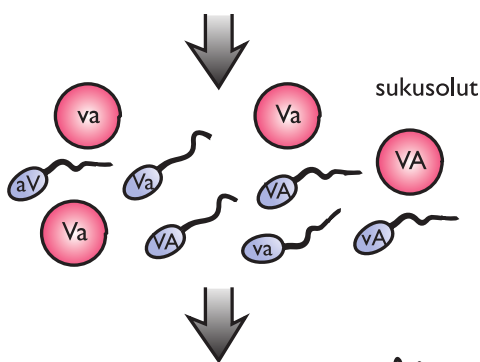
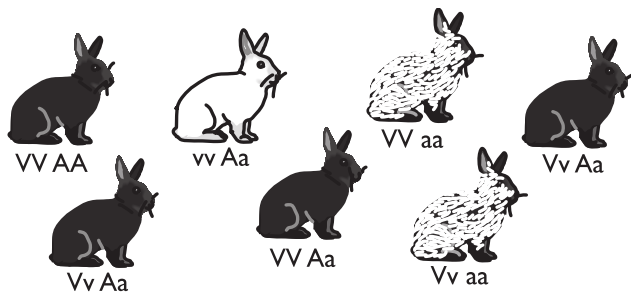
Albinismi ilmenee linnuissa normaalin väriaineen eli pigmentin puuttumisena höyhenpeitteestä ja nokasta. Vaikka albiinovarikset ovat harvinaisia, voidaan joissakin populaatioissa tavata muutamia valkeita yksilöitä. Ne katoavat kuitenkin yleensä ennen syksyä ensimmäisenä elinvuotenaan.

- Mikä aiheuttaa pigmentin puuttumisen albiinovaristen höyhenistä? (1 p)
- Osoita risteytyskaavion avulla, miten kaksi harmaata varista voi saada albiinopoikasen. (2 p)
- Miksi albiinovarikset eivät yleisty populaatioissa, mutta eivät myöskään häviä siitä? (3 p)



7. Muuntelua kanipopulaatiossa

- Mitä kahden rakenteellisen ominaisuuden muuntelua kuvassa tarkastellaan? Millä kirjaimilla niitä kuvaavia alleeleita merkitään? (1 p)
- Mikä yläkuvan yksilöistä tuottaa eniten ja mikä vähiten erilaisia sukusoluja? Merkitse näiden yksilöiden mahdolliset sukusolut. (1 p)
- Mistä muuntelusta on kyse ja miten se ilmenee kuvan populaatiossa? (2 p)
- Valitse joukosta jokin kani ja perustele, minkälaisissa ympäristöissä sen fenotyyppi olisi sopeutumisen kannalta paras. (1 p)
- Koska tarkastelun kohteena on vain kaksi ominaisuutta, eivät kaikki alakuvan yksilöt näytä eroavan fenotyypiltään toisistaan. Luonnonpopulaatioissa kanit poikkeavat kuitenkin aina toisistaan usean ominaisuuden suhteen. Etsi kuvan alemman populaation kaneille vähintään kaksi muuta rakenteeseen, elintoimintoihin ja käyttäytymiseen liittyvää, toisistaan poikkeavaa ominaisuutta. (1 p)

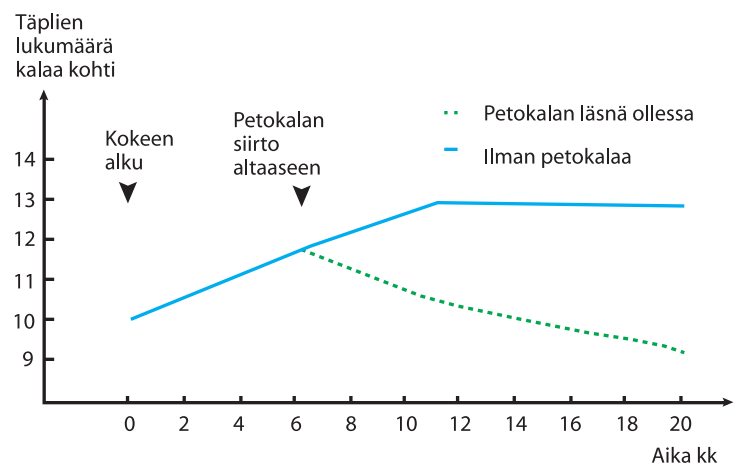


8. Luonnonvalinta miljoonakaloilla

yo s-11

Miljoonakalakoirailla on täplikkäät pyrstöevät ja luonnonoloissa elävien kalojen täplien määrä vaihtelee yksilöllisesti. Täplien runsauden on havaittu lisäävän naaraiden kiinnostusta koiraita kohtaan. Oheinen kuva havainnollistaa kokeita, joissa tutkittiin petokalan vaikutusta miljoonakalan koirasyksilöiden täplien määrään 20 kuukauden (noin 10 kalasukupolven) aikana.

- Tee lyhyesti selkoa mitä kokeissa havaittiin. (3 p)
- Mitkä kaksi valintapainetta vaikuttavat miljoonakalakoiraisiin ja miten? (3 p)



Kuvaus perustuu Kai Lindströmin tutkimuksiin.

9. Rekombinaatio

yo s-09

Rekombinaation merkitys evoluutiossa (6 p)

10. Valinnan kohde

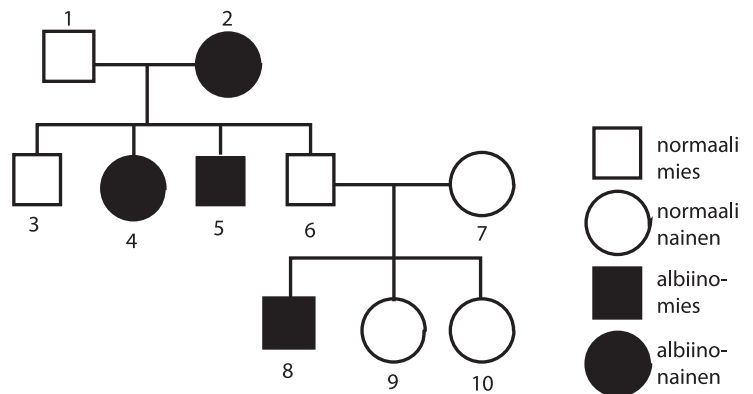
yo k-08

- Kumpaan luonnonvalinta kohdistuu, fenotyyppiin (ilmiasuun) vai genotyyppiin (perimään)? Perustele päätelmäsi. (2 p)
- Useiden lintulajien koiraat ovat huomiota herättävän värikkäitä, naaraat puolestaan vaatimattoman värisiä. Selitä, miten luonnonvalinta on johtanut näin suuriin eroihin sukupuolten välillä. (4 p)

I 1. Albinismi

yo s-10

- Albinismin aiheuttaa mutaatio, joka estää ihoa tummentavan pigmentin, melaniinin, kehittymisen. Oheinen sukupuu havainnollistaa albinismin periytymistä eräässä suvussa. Päättelä ja perustele, aiheuttaako albinismin dominoiva vai resessiivinen alleeli. (2 p)
- Miten ihmiskokulaatioiden ihonväri on kehittänyt luonnonvalinnan tuloksena eri säteilyvyöhykkeillä? (3 p)
- Albinismia esiintyy myös päiväntasaajalla elävissä ihmiskokulaatioissa. Miksi evoluutio ei ole joutanut ominaisuuden täydelliseen karsiutumiseen siellä? (1 p)



I 2. Hietatokko

yo k-06

Selvitä alla olevan aineiston perusteella, miten muuntelu, luonnonvalinta (eri muodoissaan), lajinsisäinen kilpailu ja saalistus evoluutiotekijöinä vaikuttavat hietatokon kokoon. (6 p)



Hietatokko

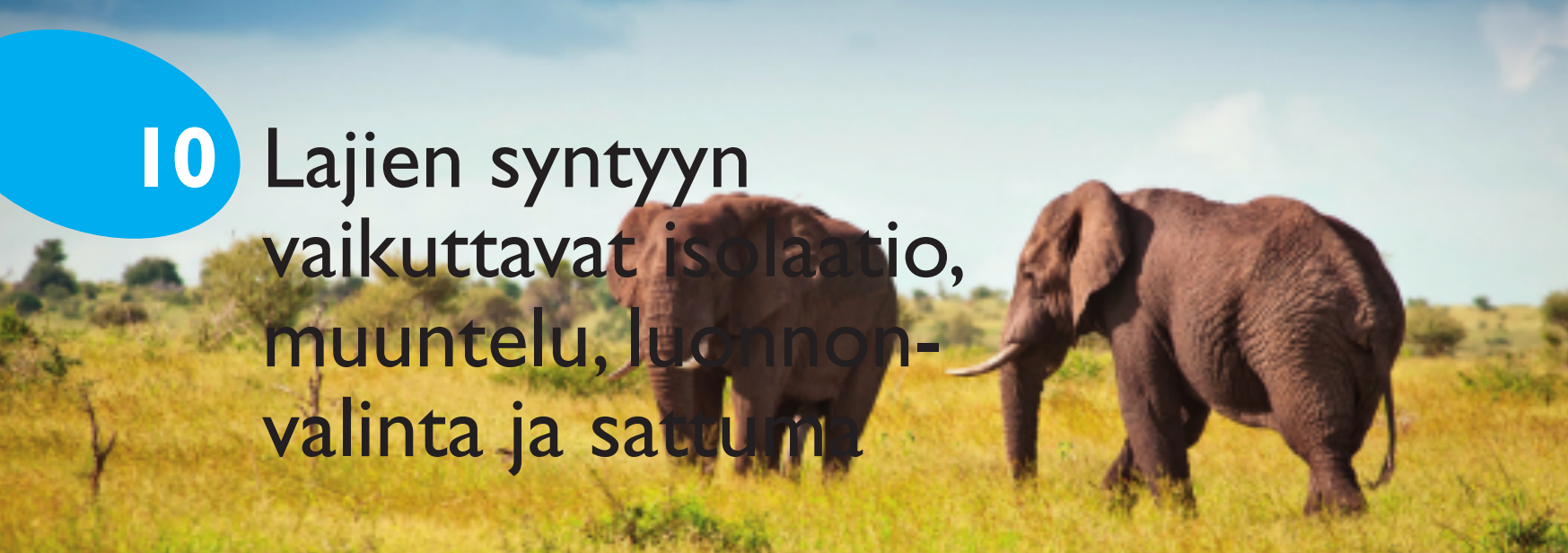
Hietatokko elää Suomenlahdessa. Aikuiset ovat yleensä 3,5–4,5 cm:n pituisia, kookkaimmat yksilöt 5–6 cm. Hietatokko kuuluu kalastossamme harvinaisiin pesänrakentajalajeihin. Koiraat kaivavat pesän rantahietikkoon tyhjän hietasimpukan kuoren alle. Naaraat kiinnittävät mätimunansa pesän katonna toimivaan simpukan kuoreen. Naaras tavallisesti kuolee kutemisen jälkeen. Koiras jää vahtimaan hedelmöittämiään mätimunia ja löyhyyttelee evillään niille hapekasta vettä. Koska hietasimpukan kuoria on rajoitetusti, on sopivista pesäpaikoista kova kilpailu. Koiraat taistelevat

simpukankuorista. Suurempikokoinen koiras valtaa pesän pienemmiltä, syö siihen aiemmin munitut mätimunat ja jää odottamaan naarasta.

Yhteen pesään saattaa munia useampi naaras. Suuri koiras ei arvosta pientä pesäpaikkaa, jonka pienikokoinen siten pystyy säilyttämään. Pieni pesä tosin ei houkuttele naaraista munimaan. Myös koiraiden suhteen naaras arvostaa suurta kokoa. Suuri koiras on hyvä munien puolustaja ja kestävä löyhyyttelijä. Tehokas löyhyyttely kuluttaa koiraan voimia, mutta parantaa munien kehittymismahdollisuuksia.

Suurikokoisilla koirilla on matalassa rantahietikossa omat vaaransa, koska naurulokit saalistavat mieluiten kookkaimpia koiraita. Jos ranta-alue peitetään lokkien saalistukselta suojaavalla verkolla, havaitaan pian, että suojatulla alueella pesän vallanneiden koiraiden keskikoko on suurempi verrattuna suojaamattoman alueen pesänvaltaajiin. Hietatokon lisääntyminen ja lisääntymiskäyttäytyminen tarjoavat ihanteellisen mallin evoluutiotutkimukselle.

Lajien syntyyn vaikuttavat isolaatio, muuntelu, luonnonvalinta ja sattuma



Lajiutuminen tarkoittaa uusien lajien syntyä evoluutiossa. Lajiutumisen edellytys on lisääntymisesteen syntyminen lajin eri populaatioiden välille. Erillään olevat populaatiot muodostuvat lajin yksilöistä, jotka kehittyvät erilaisiksi muuntelun, sattumanvaraisesti syntyneiden mutaatioiden ja luonnonvalinnan seurauksena. Kun yksilöt ovat niin erilaisia, että ne eivät voi enää lisääntyä keskenään tai tuottaa lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä, on syntynyt kaksi lajia. Esimerkiksi aasiannorsu ja afrikkalainen savanninorsu ovat kehittyneet miljoonien vuosien aikana eri mantereilla omiksi lajeikseen, jotka eivät risteydy keskenään.

Maantieteellinen isolaatio katkaisee geenivirran ja aiheuttaa hitaan lajiutumisen

Isolaatio on välttämätöntä, jotta kantalajista voi syntyä uusia lajeja. Maantieteellinen este, kuten valtameri, vuoristo tai autiomaa, voi jakaa populaation osapopulaatioiksi ja eristää ne toisistaan. Osapopulaatioissa tapahtuu geenimutaatioita, joiden seurauksena niihin syntyy uusia alleleja. Uusi alleeli voi aiheuttaa sopeutumisen kannalta hyödyllisen ominaisuuden, jolloin alleeli alkaa yleistyä sukupolvi sukupolvelta.

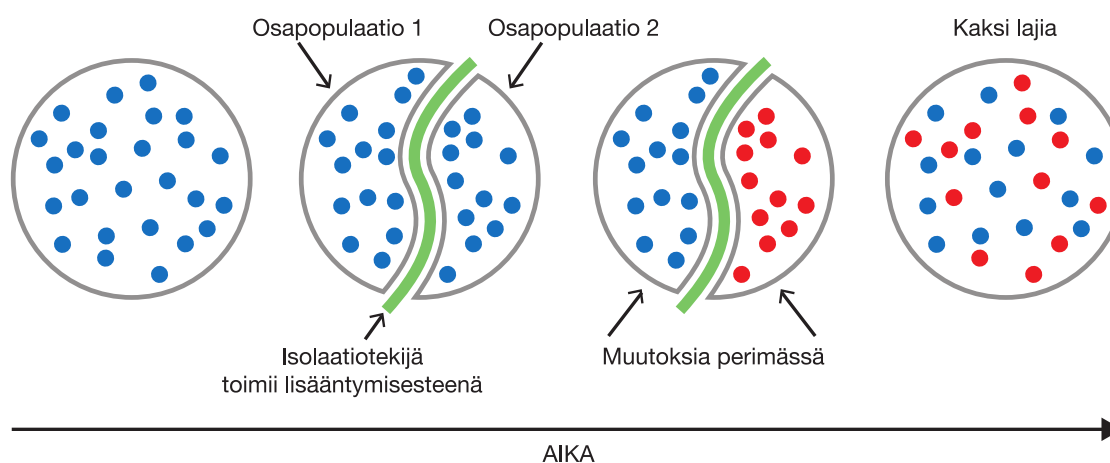
Kunkin osapopulaation elinympäristö on ainakin jossain määrin erilainen. Kun maantieteellinen isolaatio on katkaissut geenivirran osapopulaatioiden väliltä, yksilöt kehittyvät luonnonvalinnan vaikutuksesta hitaasti eri alueilla rakenteeltaan ja elintoiminnoiltaan erilaisiksi. Kun eri osapopulaatioiden yksilöt ovat niin erilaisia, että ne eivät voi enää lisääntyä keskenään, on syntynyt kaksi lajia. Vaikka lajit myöhemmin eläisivät samalla alueella, esimerkiksi niiden lisääntymisaikat, soidinkäyttäytyminen, sukuelinten rakenne tai sulusolujen hylkimisreaktiot estävät lisääntymisen.



Erilaisia lisääntymisesteitä

eläminen eri alueilla (maantieteelliset esteet)
erilaiset kosintamenot
erilaiset äänet, värit, rakenteet, joten kumppania ei tunnisteta
erilaiset lisääntymisajat (vuodenaika, vuorokaudenaika)
kemialliset erot esim. feromonit
sukupuolielinten rakenteellinen yhteensopimattomuus
eri kromosomiluku

Maantieteelliseen isolaatioon perustuva lajiutuminen



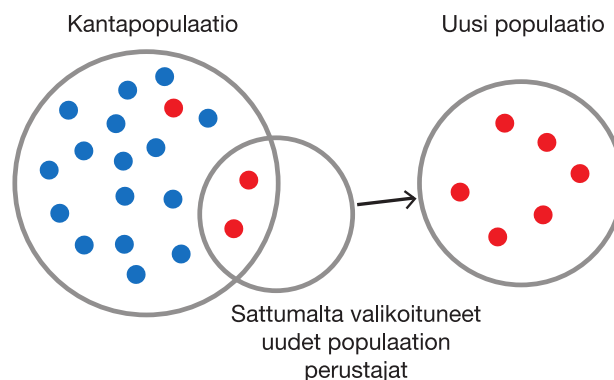
Sattuma

- pienet populaatiot
- perustajanvaikutus
- pullonkaulailmiö
- geneettinen ajautuminen

Sattuma vaikuttaa pienissä populaatioissa

Pienissä suvullisesti lisääntyvissä populaatioissa sattuman vaikutus voi olla suurempi evoluutiotekijä kuin luonnonvalinta. Kyseessä on tällöin geneettinen ajautuminen. Siinä populaation yksilöiden geenit siirtyvät sattumanvaraisesti jälkeläisille eikä luonnonvalinta vaikuta alleelien säilymiseen tai häviämiseen. Geneettiseen ajautumiseen kuuluvat perustajanvaikutus ja pullonkaulailmiö. Perustajanvaikutuksessa populaatio syntyy muutamista uudelle alueelle siirtyneistä yksilöistä, jotka tuovat mukanaan sattumanvaraisen koostumuksen kantapopulaation alleeleista. Jälkeläiset perivät nämä alleelit, vaikka ne eivät olisiakaan sopeutumisen kannalta parhaita. Pullonkaulailmiö muistuttaa mekanismiltaan perustajanvaikutusta. Siinä populaation koko romahtaa äkillisesti jonkin luonnonkatastrofin seurauksena. Seuraavat sukupolvet perivät vain henkiin jääneiden yksilöiden geneejä.

Perustajanvaikutus



Sopeutumislevittäytymisessä vapaisiin ekolokeroihin kehittyy uusia lajeja

Lajiutuminen voi olla myös äkillistä ja nopeaa. Sopeutumislevittäytymisessä joukko jonkin populaation yksilöitä levittäytyy alueelle, missä on tarjolla runsaasti vapaita ekologisia lokeroita. Näissä olosuhteissa kantalajista voi syntyä hajottavan valinnan seurauksena osapopulaatioita, jotka kehittyvät suhteellisen nopeasti omiksi lajeikseen. Esimerkiksi Galapagossaarilla yhden eteläamerikkalaisen kantalajin muuttamista yksilöistä on kehittynyt 13 rakenteeltaan, elintoiminnoiltaan ja käyttäytymiseltään erilaista darwininsirkkulajia. Lajiutuminen oli suhteellisen nopeaa, koska saarella ei esiintynyt juurikaan sirkkujen kanssa ravinnosta kilpailevia lajeja ja vapaita ekolokeroita oli runsaasti tarjolla.

Mutaation seurauksena voi syntyä lisääntymiseste populaation sisällä

Lajiutumista tapahtuu myös ilman maantieteellistä isolaatiota. Lisääntymisesteen voi aiheuttaa esimerkiksi mutaatio, joka muuttaa yksilöiden lisääntymisrakenteita tai käyttäytymistä siten, että yksilöt eivät enää voi lisääntyä keskenään. Erityisesti säätelygeenien geenimutaatio tai säätelygeenien monistumiset eläimillä sekä kromosomistomutaatio kasveilla ovat vaikuttaneet merkittävästi uusien lajien syntyyn.

Toisinaan geenimutaatio kohdistuu johonkin säätelygeeniin eli geeniin, jonka tehtävänä on ohjata toisten geenien ilmentymistä. Tällöin mutaatio voi vaikuttaa nopeasti eliöiden rakenteisiin. Esimerkiksi selkärankaisten alkionkehitystä ohjaavat pitkälti samat geenit, mutta säätelygeeneissä tapahtuneet mutaatiot ovat johtaneet saman rakenteen erilaisiin muunnelmiin, kuten eturaajan kehittymiseen siiveksi. Kromosomimutaatioista erityisesti kahdentumat, joissa geenit monistuvat, ovat vieneet eläinten lajinkehitystä eteenpäin.

Kasveilla lajien risteytyminen voi tuottaa nopeasti uuden lajin. Kun kaksi eri kasvilajia risteyyt keskenään, syntyy jälkeläisiä, jotka ovat perineet kummaltakin vanhemmaltaan yksinkertaisen kromosomiston. Mikäli syntyneen risteymän kromosomiluku kahdentuu, se voi tuottaa lisääntymiskykyisiä allopolyploidisia yksilöitä.



Suomen luonnossa tavattavat allopolyploidiset karheapillike (*Galeopsis tetrahit*) ja peltopillike (*G. bifida*) ovat syntyneen kirjopillikkeen (*G. speciosa*) ja karvapillikkeen (*G. pubescens*) risteystenä.

TEHTÄVÄT

1. Lajiutumisen peruskäsitteet

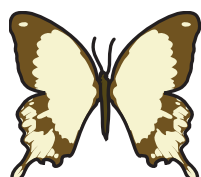
Miten seuraavat käsitteet liittyvät lajien syntyyn? (6 p)

- a. maantieteellinen isolaatio
- b. hajottava valinta
- c. lisääntymisestä
- d. sopeutumislevittäytyminen
- e. perustajavaikutus
- f. kromosomistomutaatio

2. Perhosten evoluutio

Afrikassa elää ritariperhoslaji, *Papilio dardanus*, jonka naaras ei muistuta ulkonäöltään lainkaan muita ritariperhosia (*Papilio*). Sen sijaan se muistuttaa hyvin paljon *Amauris*-lajeja, joita linnut välttävät niiden myrkyllisyyden takia. *Papilio dardanus* koiraat ovat muiden ritariperhosten näköisiä väritykseltään ja ulkomuodoltaan.

- a. Miten ja miksi *Papilio dardanus* -naaraat ovat kehittyneet ulkonäöltään nykyisen kaltaiseksi? (4 p)
- b. Madagaskarilla esiintyy *Papilio dardanus*, mutta siellä ei tavata lainkaan *Amauris*-lajeja. Siellä elävät *Papilio dardanus* -naaraat ovat ulkonäöltään ja -muodoltaan hyvin koiraiden kaltaisia. Miten selität eron Afrikan mantereella ja Madagaskarilla elävien naaraiden välillä? (1 p)
- c. Etsi esimerkki jostain muusta lajiparista, joilla on sama varoitusväri, mutta vain toinen lajeista on saalistajalle vahingollinen. (1 p)



Papilio dardanus ♂



P. dardanus ♀



Amauris sp.

3. Lajien synty

Miten uusia lajeja syntyy luonnossa? (6 p)

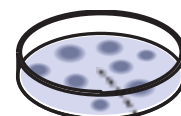


4. Sairaalabakteerien tutkiminen

Sairaalabakteerit aiheuttavat nykyisin vakavan uhkan terveydelle. Tunnettu mikrobiologi Leberger tutki näiden bakteerikantojen syntyä. Kuvasarjassa esitellään hänen suorittamansa kasvatuskoe.

- a. Mitä ovat sairaalabakteerit, miten ne syntyvät ja mitä ongelmia ne aiheuttavat? (3 p)
- b. Mitä kyseisellä kokeella pyrittiin selvittämään ja mitä sen avulla saatiin selville? (1 p)
- c. Miksi siirto tehtiin kahdelle samaa antibioottia sisältävälle maljalle? (1 p)
- d. Miten kyseistä koetta voidaan käyttää todisteena luonnonvalinnasta? (1 p)

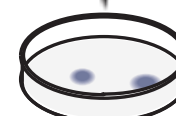
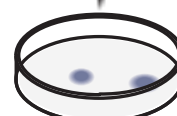
yhden bakteerilajin pesäkkeitä agarmaljalla, jolla ei ole antibioottia



bakteerien siirto kahdelle samaa antibioottia sisältävälle agarmaljalle



kasvatus yön yli



Tulos: kummallakin maljalla kasvaa vain kaksi pesäkettä täsmälleen samalla paikalla.

5. Läheinen lajipari

Hernekerttu (*Sylvia curruca*) ja pensaskerttu (*Sylvia communis*) ovat lähisukuisia Suomessa tavattavia kerttuja. Ne muistuttavat ulkonäöltään toisiaan. Sen sijaan elinympäristö ja erityisesti laulu poikkeavat toisistaan. Hernekertun laulu on lyhyt toistuva säksätys, jota se laulaa suojaisessa usein katajikkoo kasvavassa paikassa. Pensaskerttu sen sijaan laulaa avoimilla paikoilla pensa- tai latvassa tai esittää näyttävän laulunon. Sen laulu on myös hernekerttua monipuolisempi.

- Mitä lajien tieteellinen nimi paljastaa niiden sukulaisuudesta? (1 p)
- Esitä hypoteesi, miten lajit ovat kehittyneet yhteisestä kantalajista omiksi lajeikseen. (4 p)
- Miten voitaisiin varmentaa, että kyseessä on todella kaksi eri lajia? (1 p)



Hernekerttu

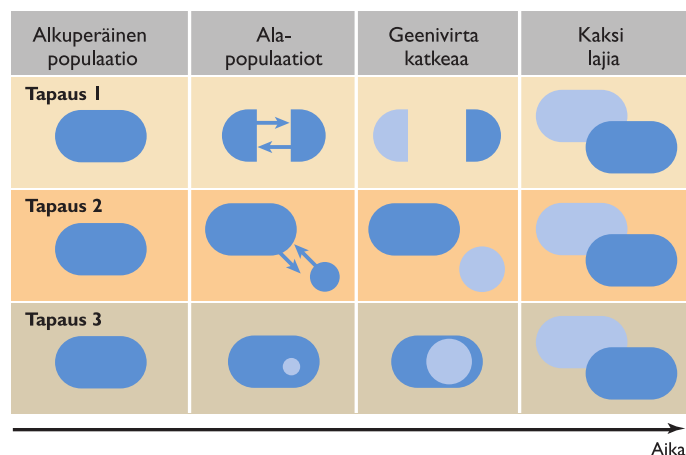


Pensaskerttu

6. Lajiutumistavat

Alla on kaavamainen esitys kolmesta tavasta, joilla yhdestä kantapopulaatiosta voi syntyä kaksi lajia.

- Kuvaa miten lajiutuminen on tapahtunut kussakin tapauksessa. (4,5 p)
- Keksi esimerkki jokaisesta tapauksesta. (1,5 p)



+7. Mannerlaattojen liikkeiden vaikutus evoluutioon



Mannerlaattojen liikunnoilla ja muilla geologisilla tapahtumilla on ollut merkittävä vaikutus eliöiden evoluutioon. Miten eri evoluutiovoimat (evoluutiotekijät) ovat vaikuttaneet Australian eliömaantieteelliseen kehitykseen Etelä- ja Pohjois-Amerikkaa yhdistävän Keski-Amerikan kannaksen muodostuttua sekä jonkin valitsemasi pienen valtamerisaaren tai saariryhmän eliölajiston kehittymiseen? (9 p)

8. Malawi-järven kirjoahventen lajiutuminen

yo k-13

Itä-Afrikassa sijaitsevassa Malawi-järvessä on noin 400 eri kirjoahvenlajia. Näiden pienten kirkasväristen kalojen otaksutaan polveutuvan yhteisestä kantamuodosta.

- a. Viimeisten 700 000 vuoden aikana Malawi-järven vedenpinta on laskenut välillä pitkiksi ajoiksi, jolloin järvi on ollut jakautuneena useiksi pienemmiksi järviksi. Miten tämä on vaikuttanut kirjoahventen lajiutumiskehitykseen? (3 p)

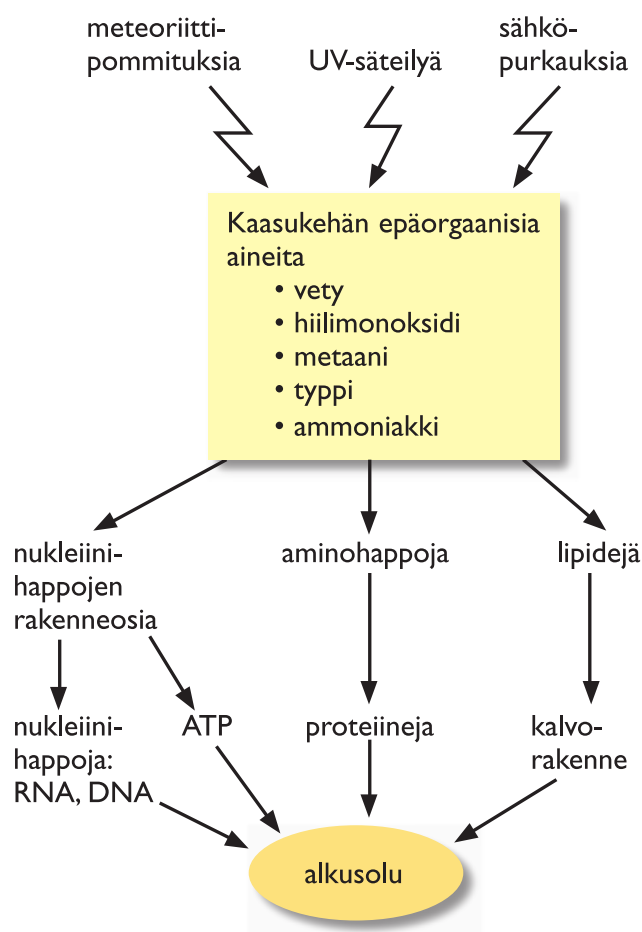
- b. Monet lajit muistuttavat paljon toisiaan ja eroavat vain värikuvioiltaan. Miten eri lajit säilyvät risteytymättä keskenään? (2 p)
- c. Miten voidaan selvittää, että kahden eri populaation kalat kuuluvat eri lajeihin? (1 p)





Nykyiset eliöt polveutuvat yksisoluisista eliöistä. Kehitys ei ole ollut tasaista, vaan sen ovat katkaisseet lukuisat massasukupuutot. Nykyiset lajit edustavatkin vain pientä osaa maapallolla eläneistä lajeista. Massasukupuuton jälkeen lajiutuminen on nopeaa, koska ekolokeroita vapautuu runsaasti ja jäljelle jääneistä lajeista syntyy lukuisia uusia lajeja sopeutumislevittämisen seurauksena.

Kemiallinen evoluutio edelsi biologista evoluutiota



Elämää on esiintynyt maapallolla noin 3,8 miljardia vuotta. Ennen elämän syntyä kehitys tapahtui kemiallisena evoluutiona. Siinä yksinkertaisista epäorgaanisista aineista syntyi vähitellen yhä monimutkaisempia orgaanisia molekyylejä, jotka järjestäytyivät edelleen alkeellisiksi soluiksi. Solun kehittymisen kannalta tärkeitä orgaanisia molekyylejä olivat aminohapot, joita tarvittiin mm. entsyymien rakenneseosiksi sekä nukleotidit, joita tarvittiin RNA:n, DNA:n ja ATP-molekyylien rakentamiseen. Lisäksi solukalvon rakentamiseen tarvittiin lipidejä.

Alkusolun synnyn jälkeen muunteluun ja luonnonvalintaan perustuva biologinen evoluutio on ohjannut lajien kehitystä. Myös sattumalla on ollut suuri osuus eliökunnan kehityshistoriassa. Biologinen evoluutio alkoi merissä, ja myöhemmin elämä siirtyi myös maalle. Jokaisen eliölajin rakenne ja elintoiminnot ovat seurausta sopeutumisesta kulloiseenkin elottomaan ja elolliseen ympäristöön.

Esitumallisista soluista kehittyi vaiheittain tumallisia soluja

Ensimmäiset solut noin 3,5 miljardia vuotta sitten

Alkusoluista alkoi kehittyä noin 3,5 miljardia vuotta sitten esitumallisia eliöitä eli arkkeja ja bakteereita. Näiden ryhmien elinvaatimukset olivat niin erilaiset, ettei kilpailua juurikaan esiintynyt. Arkit elivät äärioloissa, kuten kuumissa rikkipitoisissa lähteissä tai syvällä maapallon kuoressa. Ensimmäiset eliöt olivat toisenvaraisia, ja ne käyttivät ravintonaan ympäristöstään löytyviä orgaanisia yhdisteitä. Energiaa ne vapauttivat käymisreaktioissa. Osa kykeni mahdollisesti myös kemosynteesiin.

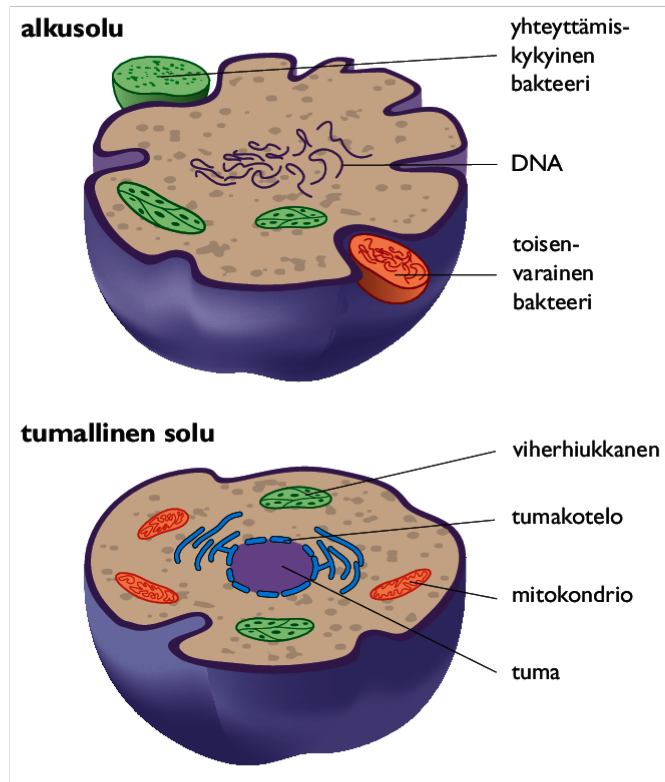
Fotosyntetisoivat syanobakteerit noin 3 miljardia vuotta sitten

Merkittävä harppaus elämän kehityksessä tapahtui noin 3 miljardia vuotta sitten, kun ensimmäiset fotosynteesiin kykenevät syanobakteerit kehittyivät. Nämä bakteerit olivat omavaraisia, koska ne kykenivät sitomaan auringon valoenergiaa orgaanisiin molekyyleihin. Fotosynteesissä vapautui myös vapaata happea, joka käynnisti aerobisten bakteerien kehittymisen. Ne kykenivät vapauttamaan aikaisempaa tehokkaammin energiaa orgaanisista aineista. Vähitellen happea alkoi kertyä myös maapallon ilmakehään, jonka kaasukoostumus muuttui merkittävästi. Kaasukoostumuksen muutos vaikutti suuresti olosuhteisiin maapallolla, sillä esimerkiksi otsonikerroksen syntyminen vähensi haitallisen UV-säteilyn määrää.

Tumalliset yksisoluiset eliöt noin 1,5 miljardia vuotta sitten

Tumallisten solujen on arveltu kehittyneen noin 1,5 miljardia vuotta sitten endosymbioosien tuloksena. Kun pehmytseinäiset bakteerit sulautuivat yhteen, solun koko kasvoi ja perintöaineksen määrä lisääntyi. Yhteensulautuneiden bakteerien kalvorakenteista kehittyi tumakotelo suojaamaan perintöainesta. Kun isäntäsolu otti sisäänsä kovaseinäisiä bakteereja, jotkut niistä alkoivat elää isäntäsolun kanssa symbioosisuhteessa. Vähitellen näistä bakteereista kehittyi soluelimiä: mitokondrioita ja viherhiukkasia. Näiden soluelinten bakteerialkuperän todisteita ovat: 1) ne ovat samaa kokoluokkaa kuin bakteerit, 2) niillä on omaa DNA:ta ja ribosomeja ja 3) ne lisääntyvät itsenäisesti jakautumalla.

Endosymbioosi



Mitokondrion ja viherhiukkasen kehittyminen soluelimiksi endosymbioosissa.

Monisoluiset eliöt
noin 700 miljoonaa
vuotta sitten

Sukusolut

Tumallisen solun kehittyminen lisäsi solujen erikoistumista muun muassa erilaisiin ravinnonhankintatapoihin. Solujen välille alkoi muodostua myös työnjakoa, joka vähitellen kehittyi niin pitkälle, että solut tulivat riippuvaisiksi toisistaan. Ensimmäiset todisteet monisoluisuudesta ovat 700 miljoonan vuoden takaa.

Monisoluisilla eliöillä oli useita tärkeitä kilpailuetuja yksisoluisuuteen nähden. Solujen erilaistuminen eri tehtäviin synnytti uusia rakenteita ja aikaisempaa tehokkaampia elintoimintoja. Toinen tärkeä muutos oli sukusolujen kehittyminen, joka mahdollisti suvullisen lisääntymisen. Suvullinen lisääntyminen lisäsi muuntelua räjähdysmäisesti ja uusien lajien syntyminen kiihtyi.

Eläinten evoluutio alkoi merissä

Monisoluiset eliöt kehittyivät merissä eläimiksi, sieniksi ja monisoluisiksi leviksi. Eläinlajien lukumäärä lisääntyi valtavasti noin 550 miljoonaa vuotta sitten niin kutsutussa kambrikauden räjähdyksessä. Tällöin syntyivät lähes kaikki eläinkunnan pääjaksot. Tämän jälkeen eläinten evoluutio on ollut pitkälti samojen perusrakenteiden kehittymistä uusiin toimintoihin sopiviksi.

Eläinten evoluutioon vaikutti suuresti sisäisen tukirangan kehittyminen. Selkäranka kehittyi ilmeisesti vaippaeläimen selkäjänteestä. Ensimmäiset selkärankaiset olivat leuattomia ympyräsuisia kaloja, joiden tukiranka oli joustavaa rustoa. Vähitellen kaloille kehittyi leuat, suuremmat evät, ja niiden koko kasvoi. Nämä lukuisat merissä elävät kalalajit muodostivat rustokalojen luokan. Noin 440 miljoonaa vuotta sitten kehittyivät ensimmäiset luukalat, joihin suurin osa nykyisistä kalalajeista kuuluu. Luukaloille kehittyi myös uimarakko, jonka avulla ne kykenivät säätelemään uintisyvyyttään.

Kasvien evoluutio aloitti maan valloituksen

Kasvit ovat kehittyneet merissä elävistä viherlevistä ja niiden evoluutiota on ohjannut sopeutuminen maaympäristöön. Uudenlaiseen ympäristöön sopeutumisessa veden ja ravinteiden otto sekä lisääntyminen edellyttivät monia rakenteellisia muutoksia.

Maakasvien ensimmäisiä edustajia olivat vuorovesirannoilla kehittyneet yksinkertaiset sammalet. Ne tarvitsivat kuitenkin koko ajan hyvin kostean ympäristön, koska niillä ei ollut juuria, niiden johtosolukko oli hyvin heikosti kehittynyt ja niiden lisääntyminen oli riippuvaista vedestä.

Ensimmäisiä varsinaisia maakasveja olivat sanikkaiset, jotka kehittyivät noin 400 miljoonaa vuotta sitten. Sanikkaisten varren sisällä on aineiden kuljetukseen erikoistunut johtosolukko, ne ottavat vettä ja ravinteita juurillaan, ja niiden pintasolukko kestää hyvin kuivuutta. Sanikkaisten lisääntyminen vaatii kuitenkin kosteat olosuhteet, mikä rajoitti niiden leviämistä.

Siemenkasvien kehittyminen laajensi kasvien esiintymistä. Ensimmäisiä siemenkasveja olivat paljassiemeniset, joihin kuuluvat havupuut ja käpypalmut. Ne levittäytyivät maapallolle noin 300 miljoonaa vuotta sitten, jolloin ilmasto kuivui huomattavasti. Paljassiemienisten lisääntyminen ei ollut enää riippuvaista vedestä ja niiden lehtiin muodostui kuivuutta kestäviä rakenteita, kuten haihtumista estävä paksu vahapeite. Lisääntymisen kannalta tärkeä uusi rakenne oli siemen, joka sisälsi kasvialkion, varastoravinnon ja suojaavan kuoren.

Ensimmäiset koppisiemeniset kehittyivät 150 miljoonaa vuotta sitten, mutta ne yleistyivät vasta 65 miljoonaa vuotta sitten. Niiden menestyminen perustui paljassiemenisistä tehokkaampaan lisääntymiseen, joka kehittyi vuorovaikutuksessa maaeläinten evoluution kanssa (koevoluutio). Koppisiemenisillä kasveilla kukat houkuttelevat pölyttäviä eläimiä, erityisesti hyönteisiä, jotka kuljettavat siitepölyä lajin

Kasvien evoluutio

Syanobakteerit

- 3,5 miljardia vuotta sitten

fotosynteesi

Viherlevät

- 1,5 miljardia vuotta sitten
- monia viherhiukkasia

Sammalet

- 460 miljoonaa vuotta sitten
- ensimmäiset maakasvit

Sanikkaiset

- 400 miljoonaa vuotta sitten
- johtojänteet

Paljassiemeniset

- 300 miljoonaa vuotta sitten
- siemen

Koppisiemeniset

- 150 miljoonaa vuotta sitten
- tehokas lisääntyminen: eläinpölytys, hedelmä

yksilöstä toiseen. Pölytyksen jälkeen kehittyvä alkio on siemenessä sikiäimen suojassa ja siemenen ympärille muodostuu usein värikäs hedelmä. Monet eläimet syövät hedelmiä ja levittävät samalla ruuan-sulatuksessa sulamattomia kasvin siemeniä uusille kasvupaikoille.

Koppisiemenisen kasvin sopeutuminen maaympäristöön

Ympäristön vaatimukset	Sopeutuma
veden ja ravinteiden saanti	juuret
veden ja ravinteiden kuljetus kasvissa	johtojänteiden puuosa
yhteyttämistuotteiden kuljetus	johtojänteiden nilaosa
liiallisen haihtumisen ehkäisy	lehtien vahapeite
hiilioksidin otto, veden haihduttaminen	ilmaraot
valon kerääminen	lehdet
kasvinosien tukeminen	tukisolukko ja nestejännitys
suvullinen lisääntyminen ilman vettä	hede ja emi, tuuli- ja hyönteispölytys
uusien yksilöiden leviäminen	siemen ja hedelmä (ravinto, väri)

Maaympäristö edellytti monia uusia sopeutumia eläimiltä

Kasvien leviäminen maalle johti nopeasti maaeläinten evoluutioon. Ensimmäiset maaympäristöön kehittyneet eläimet olivat selkärangattomia niveljalkaisia, joista kehittyi mm. monenlaisia juoksujalkaisia, hyönteisiä ja hämähäkkieläimiä. Vanhimmat maalla eläneiden selkärankaisten todisteet ovat noin 360 miljoonaa vuotta vanhoja sammakkoeläinten fossiileja.

Monet avainsopeutumat ovat olleet tärkeässä osassa eläinten sopeutuksessa maaympäristöön. Ne perustuvat merkittäviin rakenteellisiin ja fysiologisiin muutoksiin, jotka ovat auttaneet eläimiä sopeutumaan uudenlaisiin olosuhteisiin. Ensimmäisten maaeläinten avainsopeutumia olivat sammakkoeläimillä keuhkot ja hyönteisillä hengityspuutket. Niiden avulla ne kykenivät hengittämään happea, jota kasvit olivat vapauttaneet ilmakehään. Sammakkoeläimille kehittyi myös neljällä jalalla liikkumiseen sopivat raajat. Sammakkoeläinten lisääntyminen on kuitenkin riippuvainen vedestä, mikä rajoitti näiden eläinten leviämistä.

Matelijat olivat ensimmäisiä selkärankaisia, jotka kykenivät elämään kuivassa ympäristössä. Niiden sarveissuomujen peittämä iho estää tehokkaasti kuivumisen. Sisäinen siitos ja poikasten kehittyminen munan sisällä vähensivät entisestään riippuvuutta vedestä. Mateli-

joiden valtakausi sijoittui elämän keskiaikaan, joka alkoi noin 250 miljoonaa vuotta sitten ja päättyi noin 65 miljoonaa vuotta sitten suureen massasukupuuttoon. Elämän keskiaikana maapalloa hallitsivat lukuisat erilaiset hirmuliskot ja mantereita peittivät laajat käpypalmu- ja havumetsät.

Hirmuliskojen hävittyä alkoi nisäkkäiden ja lintujen valtakausi. Nisäkkäät kehittyivät jo varhain matelijoiden valtakaudella eläneistä nisäksliskoista ja linnut myöhemmin eläneistä kahdella jalalla juoksevista pienikokoisista matelijoista. Sekä nisäkkäät että linnut ovat molemmat tasalämpöisiä, mikä auttoi niiden leviämistä myös viileille alueille. Sopeutumista helpotti lisäksi nisäkkäiden karva- ja lintujen höyhenpeite. Lintujen höyhenpeite oli myös keskeinen rakennemuutos, joka yhdessä eturaajan muutosten kanssa johti siiven kehittymiseen. Siipi oli avainsopeutuma, jonka avulla ilman valloitus oli mahdollista.

Lintujen yksilönkehitys tapahtuu matelijoiden tapaan munan sisällä. Muutamaa poikkeusta lukuunottamatta alkion ja sikiönkehitys tapahtuu nisäkkäillä emon sisällä, kohdussa. Kohdussa tuleva jälkeläinen on suojassa ja saa ravintoa emoltaan istukan ja napanuoran kautta. Nisäkkäät synnyttävät pitkälle kehittyneitä poikasia, ja emo turvaa aluksi niiden ravinnonsaannin imettämällä. Nisäkkäiden menestymisessä avainasemassa ovat olleet myös monipuoliset aistit, joiden avulla on mahdollista selviytyä erilaisissa ja muuttuvissa ympäristöissä.

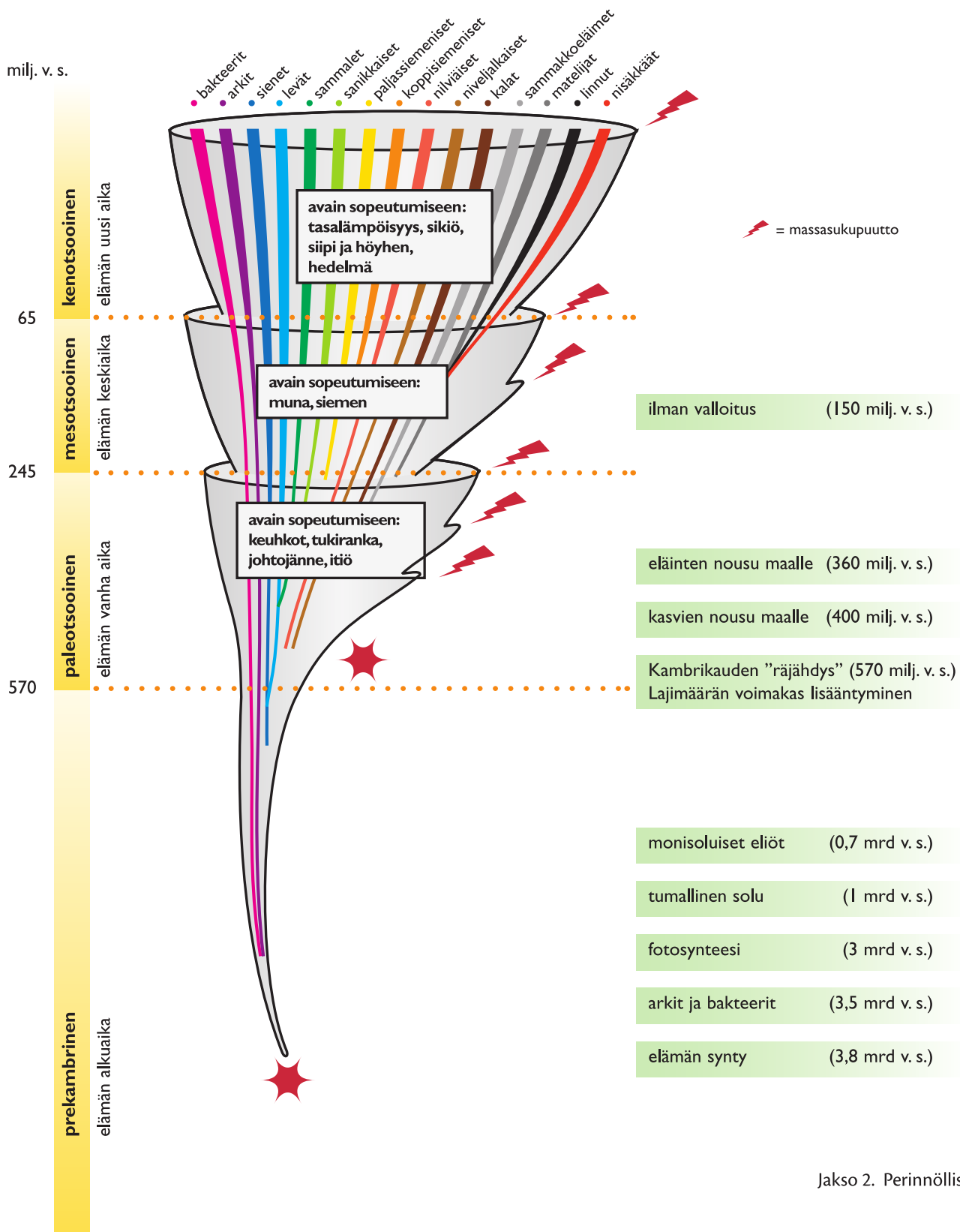
Lintujen ja nisäkkäiden sopeutuminen maaympäristöön

Ympäristön vaatimukset	Sopeutuma
liikkuminen ilman veden kannatusta	neljä raajaa ja vahva selkäranka
hapen saanti ilmasta	keuhkot
lisääntyminen kuivalla maalla	sisäiseen siitokseen soveltuvat sukuelimet
kuivumisen estäminen	paksu iho
vesiympäristö kehittyvälle alkioille ja sikiölle	muna, kohtu
kehittyvän yksilön ravinnonsaanti	munan ruskuainen, istukka, nisät
sopeutuminen lämpötilan muutoksiin	tasalämpöisyys, karvapeite, höyhenpeite

Kasvien ja eläinten evoluutio

Esihistoriallinen aika	Vanha-aika	Keskiaika	Uusiaika
4,6 mrd–600 milj. v	600–230 milj. v	230–65 milj. v	65 milj. v
MERISSÄ		MAALLA	
hidasta kehitystä merissä (syanobakteerit, levät)		sammalet, sanikkaiset	paljassiemeniset
pehmeäkuorisia eläimiä	niveljalkaiset, kalat	niveljalkaiset, sammakkoeläimet	matelijat
			nisäkkäät, linnut

Elämän kehitys ja maailmankaudet



Ihmisen evoluutio edustaa lyhyttä aikaa elämän historiassa

Ihminen kuuluu kädellisten (*Primates*) lahkoon ja ihmisapinoiden (*Hominidae*) heimoon. Nykyihminen on sukunsa (*Homo*) ainoa elossa oleva laji. Nykyihmisen anatomiset, fysiologiset ja useat käyttäytymiseen liittyvät piirteet ovat syntyneet evoluution kuluessa, kun laji on sopeutunut ympäristöönsä. Ihmisen biologinen evoluutio on tapahtunut pääasiassa aikoina, jolloin ihmiskannat olivat pieniä. Tämän jälkeen ihmisen kehitystä on ohjannut enemmän kulttuurievoluutio. Nykyisissä ihmisissä esiintyy moniin muihin lajeihin verrattuna vain vähän geneettistä muuntelua.

Ihminen erkaantui ihmisen ja simpanssin yhteisestä kantalajista noin 7 miljoonaa vuotta sitten. Tämän jälkeen evoluutio tapahtui suhteellisen nopeasti. Siihen on kuulunut sekä tasaisen kehityksen vaiheita että nopeita, hyppäksenomaisia vaiheita, jolloin ominaisuudet ovat muuttuneet nopeasti. Ihmisen sukupuussa tavattavat lajit voidaan ryhmitellä 1) apinaihmiin, jotka ovat nykyihmisen kanssa samaa heimoa, mutta eri sukua (esim. *Australopithecus*), 2) varhaisiin ihmisiin, jotka ovat samaa sukua (*Homo*), mutta eri lajia, sekä 3) nykyihmiseen (*Homo sapiens*).

Nykyihmiselle lajityypillisiä piirteitä ovat pystyasento, suuret aivot suhteessa ruumiin kokoon, karvattomuus, hyvin kehittynyt näköaisti, paksukiilteiset poskihampaat, tarkkuusotteeseen kykenevät kädet sekä puhekyky. Elintoimintoihin liittyviä piirteitä ovat monipuoliseen ravintoon sopeutunut tehokas ruuansulatus, suuri lämmöntuotanto, pitkä yksilönkehitys ja sekä erittäin vilkas aineenvaihdunta aivoissa.

Ihmisen evoluution vaiheet			
	APINAIHMISET (suvut: mm. <i>Australopithecus</i> , <i>Paranthropus</i>)	VARHAISET IHMISET (suvut: <i>Homo</i> ja <i>Kenyanthropus</i>) (lajeja <i>H. erectus</i> , <i>H. habilis</i> , <i>H. neanderthalensis</i>)	NYKYIHMINEN (laji: <i>Homo sapiens</i>)
Esiintymisaika	7 milj. – 1 milj. v.s	3,7 milj. – 28 000 v.s	200 000 v.s –
Esiintymisalue	Afrikka	Afrikka, Aasia, Lähi-itä ja Eurooppa	koko maapallo
Aivojen koko	500 cm ³	850–1500 cm ³	1350 cm ³
Liikkuminen	pystyasennossa	pystyasennossa	pystyasennossa
Lapsuus	lyhyt	pitkä	pitkä
Puhekyky	ei ollut	alkeellinen	täydellinen
Teknologia	• ei työkaluja, • ei tulentekotaitoa	• työkaluja • tulentekotaito • alkeellisia majoja	• erittäin monipuolinen teknologia
Ravinto	lajista riippuen kasvin-syöjiä tai lihansyöjiä	lihansyöjiä, haaskansyöjiä ja kasvin-syöjiä	kaikkiruokaisia
Yhteisöllisyys		• yhteistyötä metsästyksessä • vainajien hautaaminen	• kulttuurievoluutio • uskonto • taide

TEHTÄVÄT

1. Evoluution suuria kehitysaskelia

Elämän historian aikana on ollut suuria tapahtumia, jotka ovat vaikuttaneet merkittävästi eliökunnan kehitykseen. Milloin ja miten seuraavat tapahtumat saivat alkunsa? Mitä merkitystä niillä on eliökunnan kehityshistoriassa?

- a. fotosynteesi (2 p)
- b. tumallisen solun synty (2 p)
- c. suvullinen lisääntyminen (2 p)

2. Nisäkkäiden valttikortit

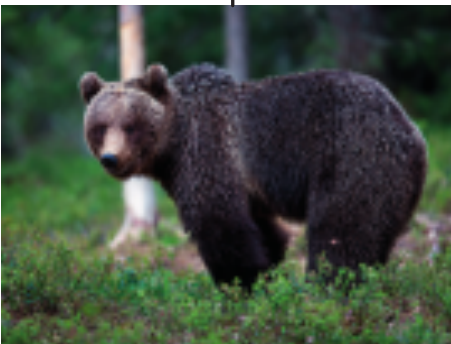
Miten seuraavat rakenteet ovat auttaneet nisäkkäitä sopeutumaan maaelämään? (6 p)

- a. tasalämpöisyys
- b. karvapeite
- c. iho
- d. selkäranka
- e. keuhkot
- f. kohtu

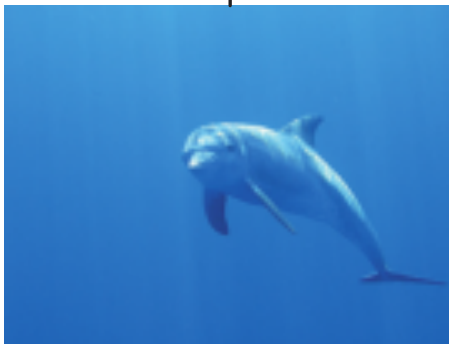
3. Eläinparit

Vertaile kuvaparien A–C eläimiä. Mitä yhteisiä piirteitä löydät parien eläimistä? Miten lajit toisalta eroavat toisistaan? Millä tavoin voidaan tutkia ulkonäöltään samankaltaisten eläinten sukulaisuutta? (6 p)

Ⓐ



Ⓑ



Ⓒ



4. Eliöiden kehitys

- a. Mitä yhteisiä piirteitä tavataan maapallon ensimmäisillä ja kaikilla nykyisillä eliöillä? (2 p)
- b. Miten nykytiede selittää elämän syntymisen? (4 p)

5. Ihmisen evoluutioon vaikuttavia tekijöitä

Selitä, miten käden kehitys, pystyasento ja yhteisöllisyys liittyvät ihmisen evoluutioon. (6p)

yo s-08

6. Lisääntymistapojen vaikutus evoluutioon

Lisääntymiseen liittyvät muutokset ovat olleet tärkeitä kasvien ja eläinten evoluutiossa. Ne ovat voineet tarjota edun kilpailijoihin verrattuna. Vertaile seuraavia lisääntymistapoja evoluution kannalta (kussakin kohdassa kahta eri tapaa toisiinsa):

- a. siemen ja itiö (2 p)
- b. sisäinen hedelmöitys ja ulkoinen hedelmöitys (2 p)
- c. kohtu ja pussi sikiön kehitysympäristönä (2 p)

yo k-12

7. Ihmisen evoluutio

Tieto ihmisen evoluutiosta perustuu pitkälti fossiileihin. Oheisessa kuvassa on tiettyjen nykyihmisen anatomisten piirteiden ikä.

- Kuvaa ihmisen evoluution pääkohdat viimeisen 7 miljoonan vuoden aikana. (3 p)
- Miten kuvassa esiintyvät piirteet ovat auttaneet ihmistä sopeutumaan? (3 p)

Suuri otsalohko
0,2 milj. v

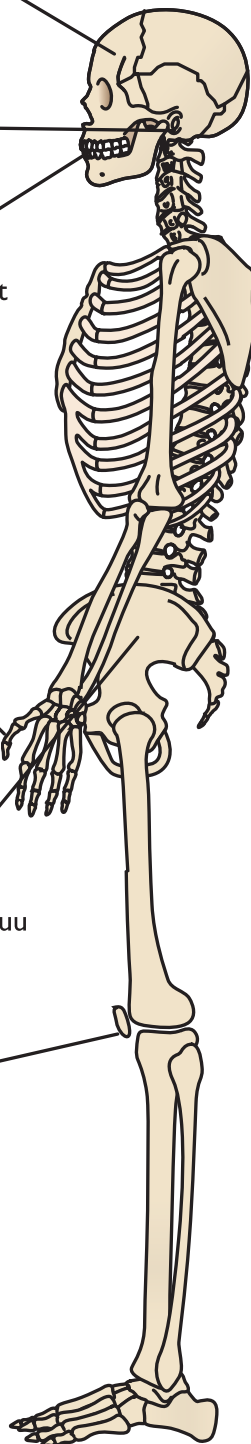
Selkäranka
kallon keski-
osassa
4 milj. v

Pienet
kulmahampaat
3 milj. v

Kolmi-
ulotteisesti
liikkuva
peukalo
18 milj. v

Leveä lonkkaluu
3,8 milj. v

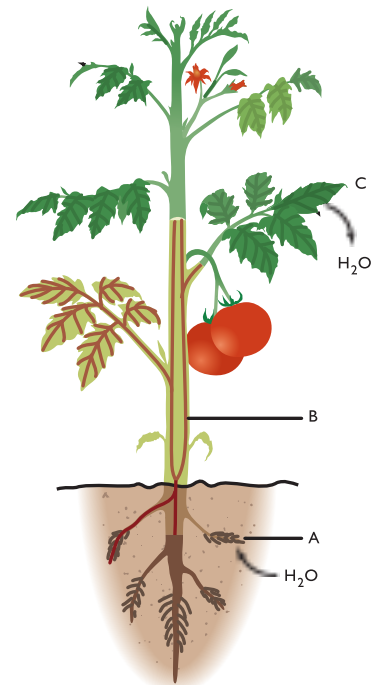
Suoraksi
ojentuva
polvi
1,8 milj. v



8. Rakenne kertoo sopeutumisesta

Kukkakasveilla on monia rakenteellisia piirteitä, jotka ovat kehittyneet sopeutumina maaympäristöön.

- Malakiittimedestäjä on Afrikassa esiintyvä lintu-laji, joka käyttää ravinnokseen *Babiana ringens*-kasvin mettä. Linnun nokka ylettyy helposti kukan mesivaroihin ja samalla linnun höyhenpeitteeseen tarttuu kukan siitepölyä. Kasvissa on myös oksamainen tanko, josta lintu pitää kiinni ruokaillessaan. Ilman tankoa lintu ei pysyisi juomaan mettä kukasta. Kuvaa näiden kahden lajin välistä suhdetta ja selvitä miten se on syntynyt. (2 p)
- Selosta oheisen kuvan avulla, miten kasvi ottaa tarvitsemansa veden maasta. (4 p)



9. Hapen merkitys evoluutiossa

yo k-12

Hapetta pidetään elämän edellytyksenä, mutta osalla eliöistä ja soluista se on myrkyllistä. Millaisissa ympäristöissä ja olosuhteissa anaerobiaa esiintyy? Mikä on ollut hapen merkitys eliökunnan evoluutiossa? (6 p)

+10. Elämän kehittyminen maalla

yo +k-11

Millaisissa olosuhteissa kehittyivät ensimmäiset maaeläimet ja -kasvit? Millaiset rakenteelliset ja fysiologiset sopeutumat mahdollistivat siirtymisen vedestä maalle?

12 Evoluution tutkiminen

Käsitys eliömaailman kehityksestä perustuu tieteelliseen tietoon, joka on saatu selville joko kokeellisen tutkimuksen tai havaintojen avulla. Koska evoluutiota on vaikea tai usein jopa mahdotonta tutkia kokeellisesti, eliöiden evoluutiota on selvitetty paljon tutkimalla fossiileita tai vertailemalla elossa olevia lajeja.

Fossiilit ovat muinaisten eliöiden jäänteitä

Fossiileita löytyy maankuoren kerrostumista. Ne ovat voineet säilyä eri tavoin: 1) kivettyminä, 2) vaelmina, 3) painautumina ja joskus jopa 4) kokonaisena eliönä. Fossiilien avulla on selvitetty mm. sukupuuttoon kuolleiden lajien esiintymisajankohtia sekä evoluution kuluessa eliöissä tapahtuneita rakennemuutoksia.

Johtofossiilit ovat tutkimukselle hyvin arvokkaita. Niillä tarkoitetaan tunnettuna lyhyenä ajanjaksona runsaina eläneistä eliöistä muodostuneita fossiileita, joita tavataan ympäri maapalloa vain tietyistä kerrostumista. Johtofossiilien avulla voidaan määrittää uusien fossiililöydösten suhteellinen ikä ja saada uudet löydöt aikajärjestykseen. Monet nilviäisiin kuuluvat ammoniittilajit ovat tärkeitä johtofossiileita.

Fossiilien absoluuttinen ikä on mahdollista määrittää radioaktiivisten isotooppien hajoamiseen perustuvilla menetelmillä. Esimerkiksi eliön kuoltua sen sisältämä radioaktiivinen hiili-14-isotooppi alkaa muuttua tavalliseksi hiili-12-isotoopiksi. Puoliintumisaika eli aika, jolloin puolet radioaktiivisesta hiilestä muuttuu tavalliseksi hiileksi, on 5700 vuotta. Fossiilin ikä saadaan selville laskemalla, kuinka paljon siinä on radioaktiivista ja tavallista hiiltä.

Fossiiliarjojen perusteella voidaan selvittää eliöiden rakenteissa tapahtuneita muutoksia. Välimuotofossiileilla, kuten liskolinnulla, on kahden eliöryhmän rakennepiirteitä. Fossiilien avulla saadaan myös tietoa eliön levinneisyydestä, sen käyttämästä ravinnosta, ja jopa sen

käyttäytymisestä. Esimerkiksi hampaiden rakenteen ja kulumisen perusteella on selvitetty ihmisen esi-isien ravintoa. Kallon rakenteen avulla on päätelty, missä vaiheessa puhekieli on voinut syntyä.

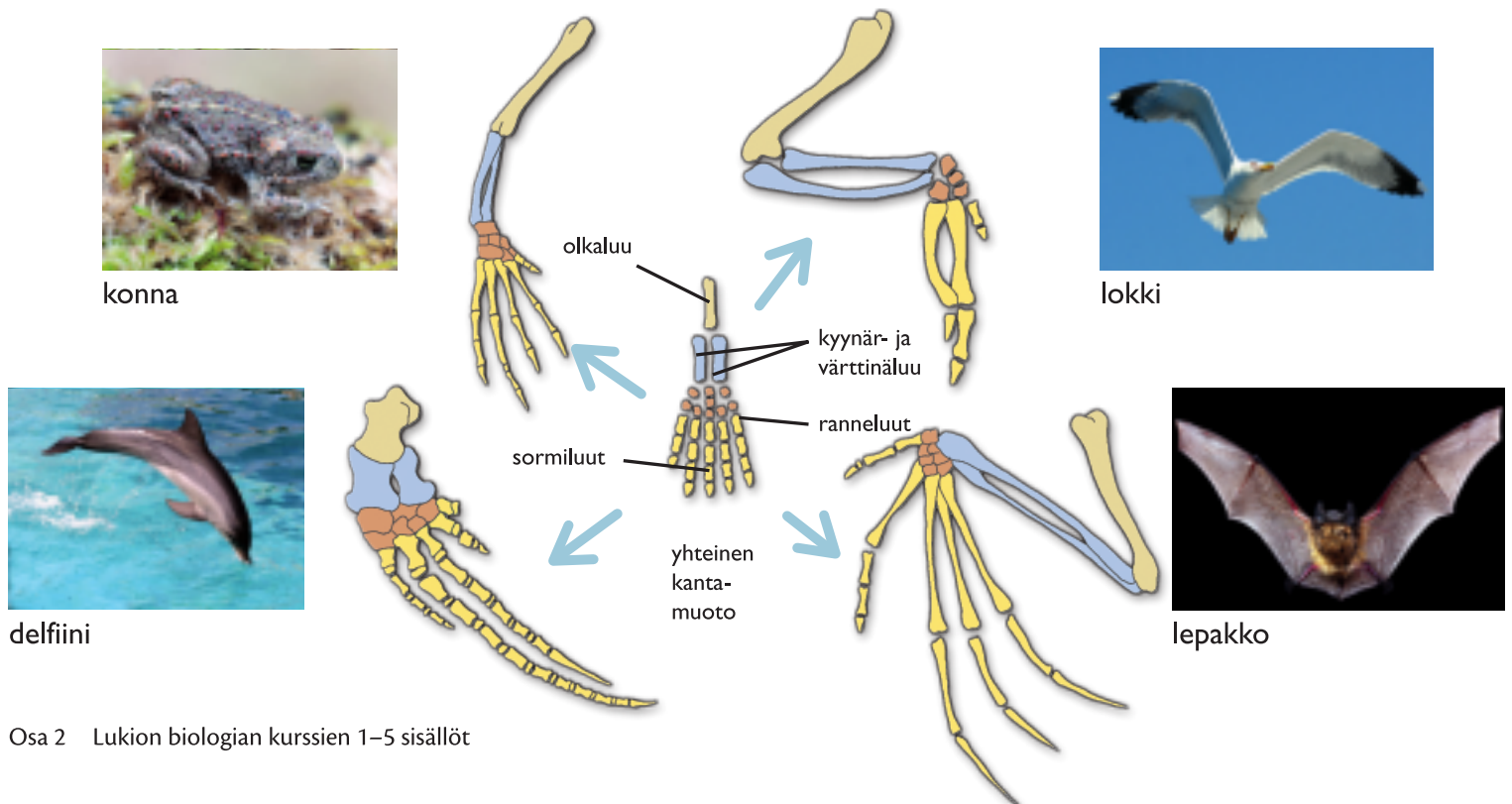
Nuorimpia jäänteitä ovat jääkaudelta ja sen jälkeiseltä ajalta peräisin olevat subfossiilit, esimerkiksi Siperian ikiroudasta löytyneet kokonaiset mammutit. Joitain nykyisin elossa olevia eliölajeja, kuten varisieväkalaa tai tuataraa, kutsutaan eläviksi fossiileiksi. Ne ovat säilyneet rakenteeltaan muuttumattomina kymmeniä miljoonia vuosia erittäin hyvän sopeutumiskykynsä ansiosta.

Yhteistä alkuperää selvitetään rakenteita vertailemalla

Vaikka monet lajit eivät muistuta nopeasti katsottuna juurikaan toisiaan, niillä on paljon yhteisiä perusrakenteita. Nämä rakenteet ovat muuttuneet evoluution kuluessa usein erilaisiksi, koska lajit sopeutuvat erilaisiin ekolokeroihin ja rakenteet kehittyvät kullekin lajille taroituksenmukaisiksi.

Samansyntyisten eli homologisten elinten perusrakenne on samanlainen eri eliöryhmissä riippumatta siitä, mihin eliö kyseistä elintä käyttää. Esimerkiksi selkärankaisten eturaajan luusto on samankaltainen riippumatta siitä, käytetäänkö raajaa uimiseen, lentämiseen, kävelemiseen vai tarttumiseen. Samankaltaisuus johtuu siitä, että selkärankaisten ovat kehittyneet yhteisestä kantamuodosta ja raajan kehitystä ohjaavat samat kehitysgeenit.

Selkärankaisten eturaajan luusto on samankaltainen



Yksilönkehityksen varhaisvaiheet, alkion- ja sikiönkehitys, ovat hyvin samankaltaiset kaikilla selkärangkaisilla. Tämä kertoo sen, että perusrakenteiden kehitystä ohjaavat samat geenit lajista riippumatta. Yksilön kehitystä ohjaavia kehitysgeenejä on myös esimerkiksi hyönteisillä, mikä osoittaa, että ne ovat evolutiivisesti hyvin vanhoja.

Eliöillä on monia rakenteita ja elimiä, joilla ei ole enää merkitystä. Esimerkiksi käärmeillä tavataan jalkojen surkastumia ja ihmisellä korvan liikuttajalihas. Nämä surkastumat osoittavat, että eliöt ovat kehittyneet kantamuodosta, jolle kyseinen rakenne oli tarpeellinen.

Nykyisin eliökunnan sukupuuta rakennetaan biokemiallisin menetelmin

Lajeja tunnistetaan ja sukulaisuussuhteita selvitetään nykyisin tutkimalla eliöiden perintöainesta. Yksinkertainen tapa on värjätä kromosomit. Kuhunkin kromosomiin muodostuu sille tyypilliset raidat ja läheisten lajien kromosomeja voidaan näin vertailla keskenään.

Huomattavasti tarkempaa tietoa saadaan kuitenkin suoraan DNA:n rakennetta ja toimintaa tutkimalla. Tutkimukset perustuvat DNA-hybridisaatioon, DNA:n emäsjärjestyksen selvittämiseen sekä proteiinien laadullisiin ja määrällisiin selvityksiin. Hybridisaatiossa DNA-juosteet pariutuvat emäspariperiaatteen mukaisesti. Tämä mahdollistaa tiettyjen DNA-jaksojen vertailun eri lajien välillä. Mitä paremmin DNA:n vastinjuosteet pariutuvat lajien välillä, sitä läheisempää sukua ne ovat keskenään. Tällä tekniikalla voidaan myös etsiä eri lajien yhteisiä geenejä esimerkiksi geenisirun avulla.

DNA:n emäsjärjestyksen selvittäminen eli sekvensointi mahdollistaa entistä tarkemman lajien välisen sukulaisuuden selvittämisen. Vertailussa voidaan käyttää nykyisistä eliöistä ja toisinaan myös hyvin säilyneistä fossiileista eristettyä DNA:ta. Emäsjärjestys selvitetään yleensä tietystä DNA-jaksosta, ja kukin laji saa oman viivakoodinsa (barcode). Eniten tietoa tuovat kokonaisten genomien kartoitukset. Niiden avulla voidaan vertailla lajien geenien eroja ja samankaltaisuuksia.

DNA-vertailuja käytetään myös arvioitaessa lajiutumisenopeutta. Tämä perustuu siihen, että mutaatioita tapahtuu geenien ulkopuolisessa DNA:ssa lähes tasaisella nopeudella. Vertailemalla eri lajien samoja DNA-jaksoja voidaan rakentaa ”molekyylikello”. Se ilmaisee ajan, joka on kulunut lajeilta yhteisestä kantajasta erkaantumisesta. Molekyylikellona on käytetty eläimillä mitokondrioiden ja kasveilla viherhiukkasten DNA:ta.

DNA:n lisäksi proteiinien aminohappojärjestystä voidaan käyttää lajien välisiin vertailuihin, esimerkiksi hemoglobiinin aminohappojärjestyksen vertailu on tuonut runsaasti tietoa selkärankaisten kehityshistoriasta. Lajispesifisyytensä ansiosta vasta-aineet ovat paljon käytetty proteiiniryhmä evoluutiotutkimuksissa. Proteiineja käytetään myös geenien toiminnan tutkimiseen, koska lajien väliset erot eivät johdu yksinomaan erilaisista geeneistä vaan samojen geenien erilaisesta aktiivisuudesta. Tätä tutkitaan mm. vertailemalla tiettyjen proteiinien määriä eri lajien samoissa kudoksissa. Esimerkiksi ihmisen hermokudoksessa syntyy samoja proteiineja paljon enemmän kuin simpanssilla, vaikka näitä proteiineja koodaavat geenit ovat kummallakin lajilla samanlaiset.

Joskus evoluutiota voi havainnoida luonnossa

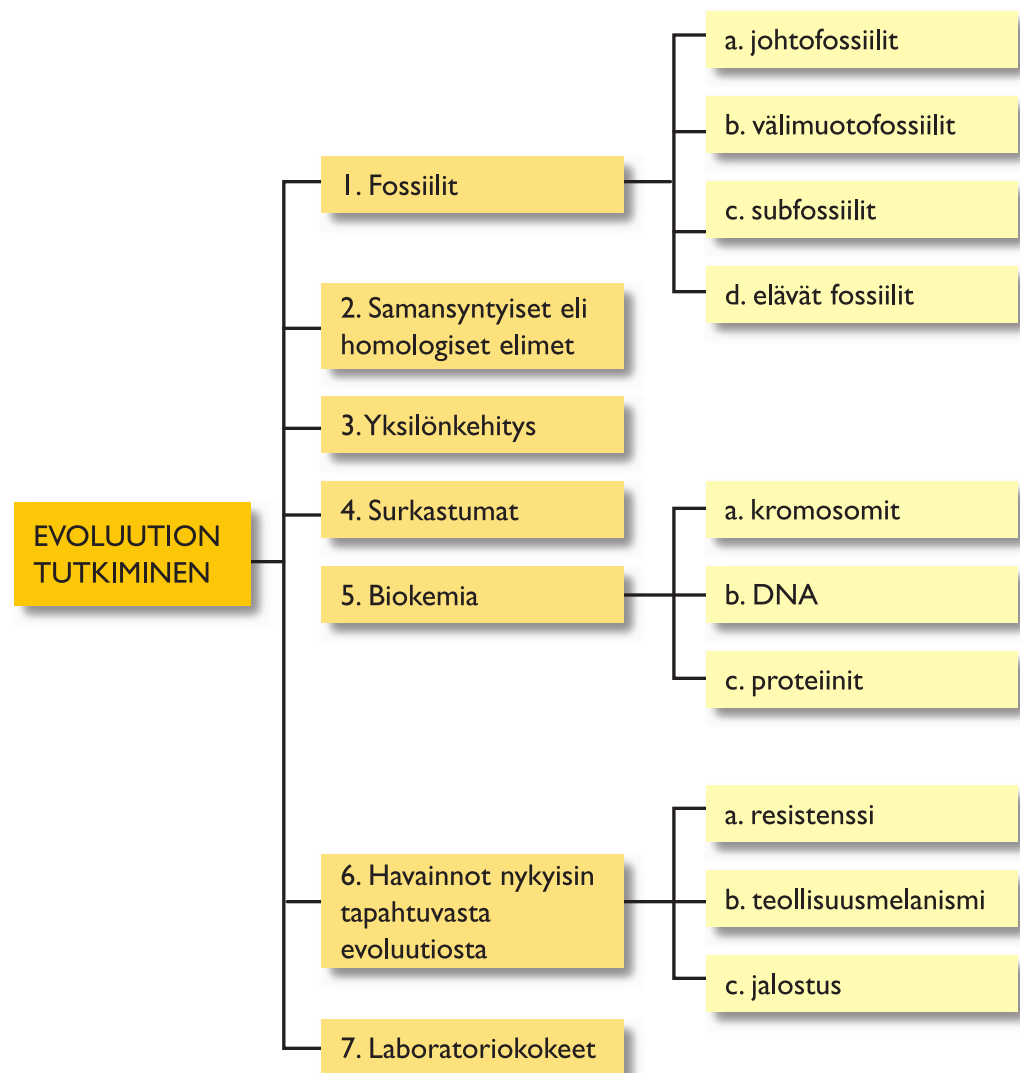
Evoluutio tapahtuu yleensä niin hitaasti, että sen havaitseminen on vaikeaa luonnonpopulaatioissa. Vastustuskyvyn muodostuminen myrkyllisille aineille tai tehokkaan suojavärin syntyminen voi kuitenkin kehittyä nopeasti. Bakteereilla ja monilla tehokkaasti lisääntyvillä tuholaiseläimillä kehittyy hyvin nopeasti resistenttejä kantoja, kun ne elävät myrkyllisessä ympäristössä. Esimerkiksi sairaalabakteereille on muodostunut lyhyessä ajassa vastustuskyky monille antibiooteille ja horkkahyttysille vastustuskyky DDT:lle suuntaavan valinnan seurauksena.

Perhosilla tavattava teollisuusmelanismi on puolestaan esimerkki populaation nopeasta evoluutiosta sen sopeutuessa ympäristössä tapahtuvaan suureen muutokseen. Siinä suuntaava valinta aiheuttaa perhosen suojävärityksen muuttumisen uudelleenlaisiksi muutamassa kymmenessä sukupolvessa.

Ihminen voi ohjata evoluutiota jalostuksessa ja laboriokokeissa

Jalostus on ihmisen tietoisesti ohjaamaa evoluutiota. Esimerkiksi koirista on jalostettu lyhyessä ajassa satoja toisistaan suuresti poikkeavia rotuja käyttämällä rinnakkain sekä risteytys- että valintajalostusta. Jalostuksella on tuotettu uusia kasvilajeja kehittämällä allopolyploidisia lajeja, kuten ruisvehnä.

Yleensä evoluutiota on vaikea tutkia laboratoriossa. Elämän syntyä ja kemiallista evoluutiota on kuitenkin tutkittu koeolosuhteissa. Tutkijat ovat osoittaneet kokeellisesti, että epäorgaanisista aineista voi syntyä solussa tavattavia orgaanisia yhdisteitä, kuten aminohappoja ja nukleiinihappoja, kun laboratoriossa jäljitellään alkumaapallon ympäristöolosuhteita.



TEHTÄVÄT

1. Evoluution tutkimusaineistoa

Mitä tarkoittavat seuraavat käsitteet ja miten ne liittyvät evoluutiotutkimukseen? (6 p)

- fossiili
- johtofossiili
- fossiiliarja
- molekyylikello
- homologinen rakenne
- DNA:n hybridisaatio

2. Kromosomit ja DNA evoluutio- tutkimuksissa

- Kuvassa on ihmisen (vasemmalla) ja simpanssin 7. ja X-kromosomi. Mitä eroja niistä löytyy ja mistä erot johtuvat? (1 p)
- Miten on selitettävissä, että kromosomit ovat suurimmaksi osaksi samanlaisia? (1 p)
- Millä eri tavoin DNA:ta on mahdollista käyttää tutkimuksissa, joilla pyritään selvittämään lajien syntyä ja lajien välisiä sukulaisuussuhteita? Kerro myös, mitä bioteknologian tekniikoita tutkimuksissa käytetään. (4 p)



3. Selkärankaisten evoluutio ja sen tutkiminen

yo k-04

Selkärankaisten evoluutio eteni paleotsooisella (elämän vanha aika) ja mesotsooisella (elämän keskiaika) maailmankaudella kaloista sammakkoeläinten kautta matelijoihin. Minkälaiset muutokset ympäristössä sekä eläinten rakenteissa ja toiminnoissa mahdollistivat kyseisen kehityksen? Mitä todisteita näin tapahtuneesta evoluutiosta on? (6 p)

4. Aminohappojärjestyksen käyttö sukupuun rakentamisessa

Ihmisapinoilla tavataan useita samoja entsyymejä. Niitä koodaavissa geeneissä on kuitenkin pieniä eroja. Alla on taulukko yhden geenin eksonin osasta. Geeni koodaa erästä dehydrogenaasientsyymiä, jota tavataan kaikilla kädellisillä.

Laji	Emäskolmikko geenissä (koodaava juoste)					
ihminen	CGC	TGT	TGG	GTT	TGT	TGG
simpanssi	CGA	TGT	TGG	GTT	TGT	TGG
gorilla	CGA	TGT	TGG	GTT	TGT	TAT
oranki	TGT	TGG	TGG	GTC	TGT	GAT

- Mitä johtopäätöksiä voi tehdä kyseisten lajien välisistä sukulaisuussuhteista tämän aineiston perusteella? (2 p)
- Muodosta jokaisesta koodista aminohappoketju käyttäen apuna koodaavaa juostetta kuvaavaa taulukkoa sivulla 278. Miksi geenin emäsjärjestyksen vertailu on parempi tutkimusmenetelmä kuin aminohappojärjestyksen vertailu? (2 p)
- Mitä muita biokemiallisia menetelmiä voisi käyttää sukupuun rakentamiseksi näistä lajeista? (2 p)

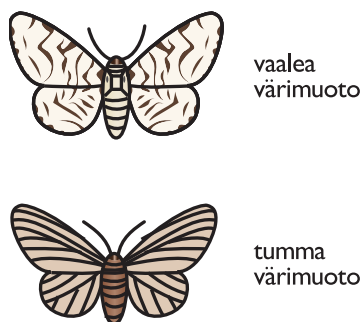
5. Fossiilit ja sukupuut

yo s-07

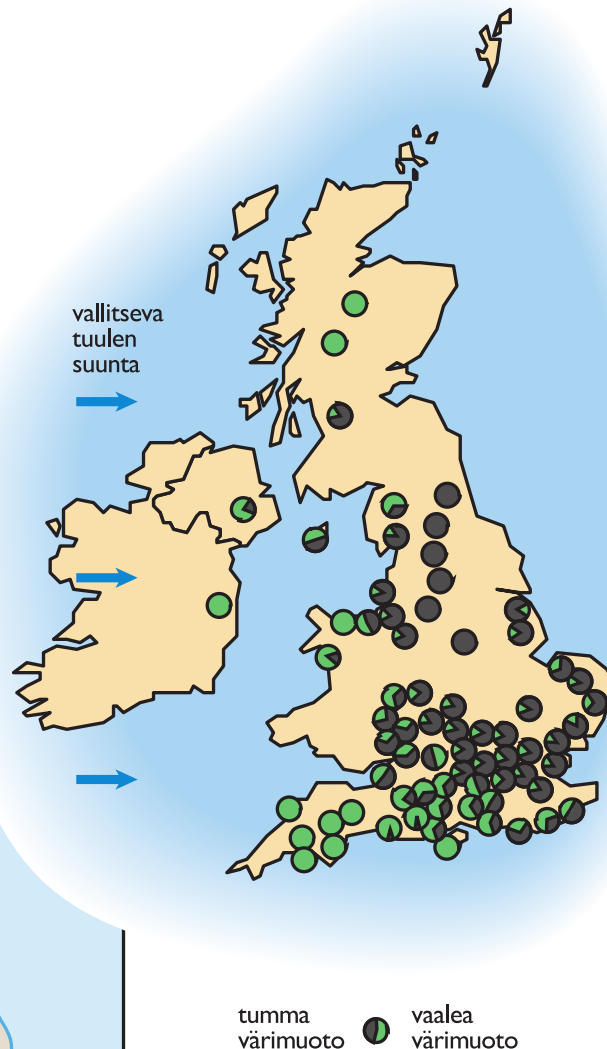
- Selitä lyhyesti, kuinka fossiileja syntyy. Kuvaile evoluution kulkuun vaikuttaneita tekijöitä tilanteissa, joissa:
 - sukupuuta on haarautunut kahtia, esimerkiksi istukallisten nisäkkäiden ja pussieläinten kehityslinjoiksi
 - lajinkehitys on ”pysähtynyt” kuten on käynyt varsieväkalalle
 - tuloksena on viuhkamainen sopeutumislevittäytyminen, kuten tapahtui hevoseläimille.

6. Mikroevoluutiota nykyaikana

Koivumittari (*Biston betularia*) on yöperhonen, joka viettää päivänsä puunrungolla liikkumattomana. Lajille on kehittynyt evoluution kuluessa lintuja vastaan hyvä suojaväri, joka jäljittelee puunrungolla esiintyviä jäkäliä. Koivumittarista löydettiin ensimmäisen kerran 1800-luvulla tumma värimuoto Manchesterin alueelta, ja se alkoi runsastua Brittein saarilla samaan aikaan, kun jäkälet alkoivat vähentyä puiden rungoilta ilmansaasteiden vaikutuksesta. Oheinen kartta esittää tilannetta vuonna 1950.



- Kuvaile jäkälän rakennetta. Miksi jäkälet ovat hyviä bioindikaattoreita? (2 p)
- Selitä, miksi tumma värimuoto yleistyi viime vuosisadan puoliväliin mennessä. (1 p)
- Selvitä syitä tumman värimuodon esiintymistiheyden eroihin Brittein saarten eri osissa. (1 p)
- Viimeaikaisten tutkimusten mukaan tummat koivumittarit ovat jälleen harvinaistuneet Brittein saarilla. Miksi? (1 p)
- Miksi koivumittarin värimuutosta voidaan pitää todisteena evoluutiosta? (1 p)



7. Litosfäärilaattojen liikkeet ja fossiilit

Ohessa on kuva maapallon litosfäärilaatoista noin 200 miljoonaa vuotta sitten. Kuvassa näkyy myös tänä aikana eläneitä eliöitä, joista on löytynyt fossiileita eri mantereilta.

- Mitä litosfäärilaatat ovat ja mitä fossiililöydöt kertovat niiden liikkeistä? (2 p)
- Minkä kuvassa esiintyvän lajin fossiilit sopisivat parhaiten johtofossiiliksi? (2 p)
- Miten kuvan fossiilien ikä on mahdollista määrittää? (2 p)



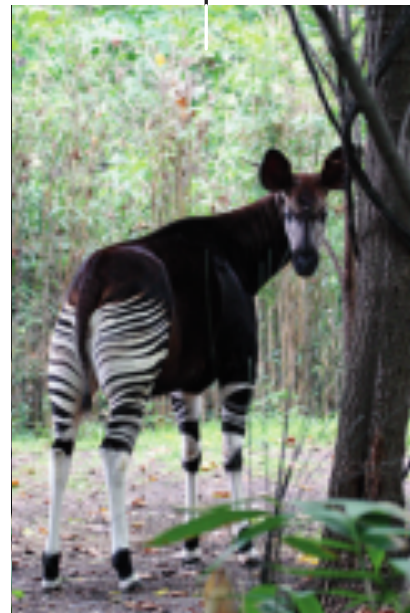
8. Lajien sukulaisuuden tutkiminen

yo s-12

Kongon sademetsissä elävän okapin (kuva 1) olemassaolo paljastui tutkijoille vasta vuonna 1901. Paikalliset asukkaat tosin tunsivat tämän aran nisäkkään. Evoluutiotutkimusten perusteella on voitu päätellä, että kirahvi (kuva 2) ja okapi polveutuvat yhteisestä kantamuodosta.

- Millä menetelmillä on voitu tutkia kirahvin ja okapin sukulaisuutta?
- Mitkä evoluutiovoimat ovat todennäköisesti vaikuttaneet näiden kahden lajin kehittymiseen?
- Okapia on kutsuttu myös eläväksi fossiiliksi. Mitä tällä käsitteellä tarkoitetaan? Mitä muita eläviä fossiileja tunnetaan?

①

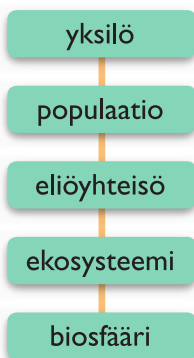


②



13 Yksilöiden ja populaatioiden ekologiaa

Palokärjen ulkonäkö antaa vihjeitä sen ekolokerosta eli tavasta hyödyntää elinympäristöään. Nokka on terävä ja vahva. Sillä tikka hakkaa puun kuorta tai lahopuuta ja ottaa pitkällä kielellään ravinnokseen hyönteisten toukkia. Jäntevä kaula antaa voimaa lujia nokaniskuja varten. Jalassa on muista linnuista poiketen kaksi varvasta eteen ja kaksi taakse. Niillä saa hyvän otteen puun kuoresta. Pyrstö antaa tukea, kun tikka liikkuu puun rungolla ravintoa hakien. Sopivan elinympäristön palokärki löytää vanhasta havumetsästä, jossa on kuolevia puita ja paljon muurahaisia.



Ekologisen tutkimuksen tasot.

Ekologian avulla tarkastellaan eliöiden ja ympäristön suhdetta

Ekologia on biologian osa-alue, jossa tutkitaan eliöiden levinneisyyteen ja runsauteen vaikuttavia tekijöitä yksilö-, populaatio-, eliöyhteisö- ja ekosysteemitasolla.

Eliöt ja niiden ominaisuudet ovat kehittyneet evoluution tuloksena, mutta ympäristöön sopeutuminen ja siinä menestyminen ovat kuitenkin jatkuvasti luonnonvalinnan testissä. Populaation sisällä ilmenevä muuntelu on edellytys ympäristöön sopeutumiselle.

Ekolokero kuvaa elion asemaa elinympäristössään

Eliöiden asemaa ympäristössään voidaan kuvata ekolokero-käsitteellä. Ekolokeroa voidaan verrata elion, populaation tai lajin ”osoitukseen” ja ”ammattiin” elinympäristössään. Elinympäristö koostuu lukuisista elottomista (abioottisista) ympäristötekijöistä ja elollisista

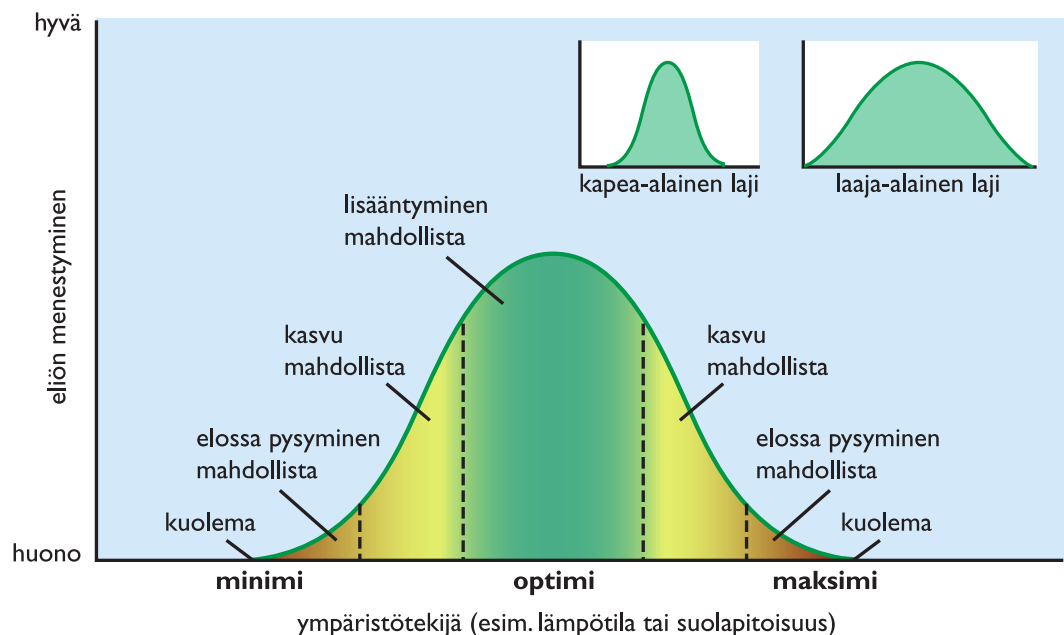
Eliöihin vaikuttavia ympäristötekijöitä

abioottisia
O ₂ ja CO ₂
lämpötila
kosteus
valo ja lämpö
happamuus
suolaisuus
maaperä
ravinteet
jne.
bioottisia
ravinto
pedot
loiset
kilpailijat
lisääntymiskumppanit
ihminen

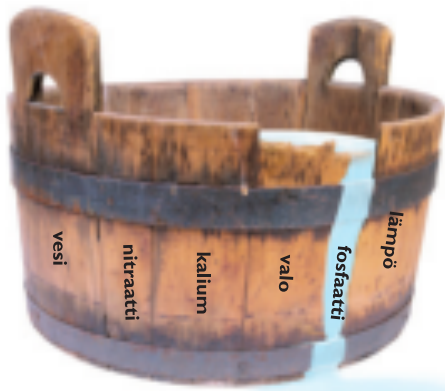
(bioottisista) ympäristötekijöistä. Ekolokero on näiden ympäristötekijöiden yhdessä rajaama ”tila”. Se kertoo yksilön, populaation tai lajin sopeutumisesta elottomaan elinympäristöön ja suhteesta muihin eliöihin. Tämän voi havaita yksilö-, populaatio- ja lajitasolla elinympäristön valinnassa ja tavassa hyödyntää sen resursseja. Ekolokero ilmenee rakenteessa, elintoiminnoissa ja käyttäytymisessä, jotka ovat kehittyneet kullekin lajille tyypillisiksi evoluution kuluessa.

Eliöiden on sopeuduttava elottomassa ja elollisessa ympäristössä tapahtuviin muutoksiin. Tähän ne pystyvät muuttamalla ekolokeroaan. Se voi toteutua vaihtamalla elinympäristöä tai muuttamalla esimerkiksi ravinnonhankintaa tai käyttäytymistä (eläimet) / (ravinteidenottoa tai kasvutapaa (kasvit)). Myös kilpailusta johtuva ekolokeroiden päällekkäisyys pakottaa muuttamaan ekolokeroa. Jos eliöt eivät pysty sopeutumaan, on seurauksena häviäminen alueelta. Luonnon kova laki on: ”Sopeudu tai kuole.”

Osa lajeista on joustavia ympäristötekijöiden muutoksille (laaja-alaiset) ja osa vähemmän joustavia (kapea-alaiset). Kapea-alaisen lajin runsaus tai puuttuminen voi ilmentää joissakin ympäristötekijöissä tapahtuvia muutoksia. Tähän perustuen kapea-alaisia lajeja voidaan käyttää ns. ilmentäjälajeina eli bioindikaattoreina.



Minimitekijällä tarkoitetaan sitä ympäristötekijää, joka vaikuttaa jonkin eliölajin menestymiseen eniten. Suomen maaekosysteemeissä se on usein lämpötila tai kasvukauden lyhyys. Ilmaston lämmitessä maaamme voi siten levittäytyä uusia lajeja. Vesiekosysteemeissä minimitekijä voi olla fosfaatin saatavuus. Fosforimäärien kasvu vesistöissä johtaakin helposti syanobakteerien, levien ja kasvien määrän kasvuun.



Minimitekijöiden merkitystä voidaan kuvata rikkoutuneen, vuotavan, laudoista tehdyn saavin avulla. Kasvien tuotantoteho riippuu saavin lyhimmän laudan tasosta. Kuvassa minimitekijä on fosfaatti. Jos sen määrä kasvaa, tulee minimitekijäksi valon määrä.

Eläinten talvehtimistapoja

talviuni

- ruumiinlämpö laskee vain vähän
- elintoiminnot hidastuvat hiukan
- energia syksyllä hankituista rasvavarastoista
- esim. karhu, mäger, supikoira

talvihorros

- ruumiinlämpö laskee muutamaa lämpöasteeseen
- elintoiminnot hidastuvat voimakkaasti
- energia rasvakudoksista
- esim. siili, lepakot

kylmänhorros

- ruumiinlämpö lähes nollassa
- elintoiminnot lähes pysähdyksissä
- vaihtolämpöiset eläimet (sammakot, käärmeet, hyönteiset)

Kasveille ja eläimille on ominaista laajentaa levinneisyysaluettaan, kun se on mahdollista. Osa niistä voi onnistua tässä, jos uuden alueen olosuhteet täyttävät lajin yksilöiden vaatimukset.

Epäsuotuisissakin oloissa on selviydyttävä

Eliöiden on selviydyttävä myös sellaisista ajanjaksoista, jolloin olosuhteet ovat niille vaikeita. Yleensä haasteena on kylmä tai kuiva jakso vuodesta. Kasvit ja eläimet pystyvät sopeutumaan hankaliin jaksoihin, mikäli olosuhteiden vaihtelu on toistuvaa ja säännöllistä.

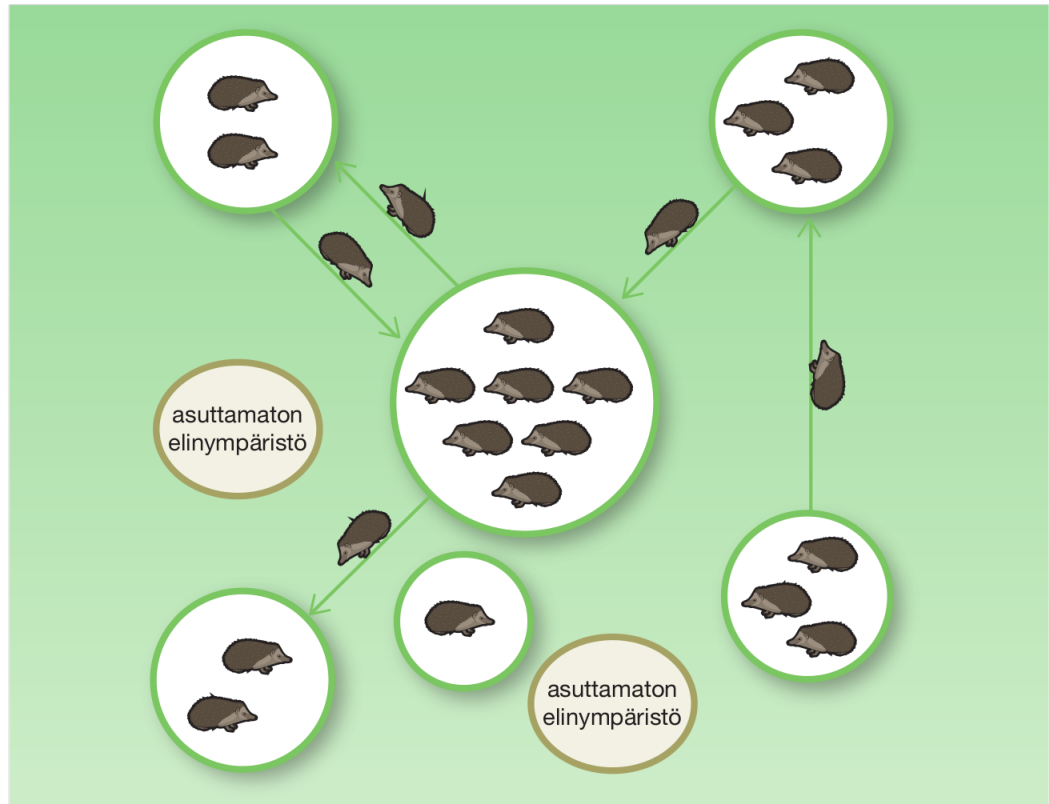
Selviytyminen kylmästä talvesta

kasvit	eläimet
• lehtien varistaminen (rauduskoivu) • lehtivihreän talteenotto (rauduskoivu) • talvehtivat siemenet (piharatamo) • talvehtiva maavarsi tai juurakko (valkovuokko) • lumen alla talvehtiminen (puolukka) • kylmyyttä kestävät varret ja silmut (kuusi)	• muutto lämpimämmille alueille (tervapääsky) • talviuni (karhu) • talvihorros (siili) • kylmänhorros (kyy) • paksumpi karva- tai höyhenpeite (orava) • suojaväri (metsäjänis) • ruokavaraston kerääminen (vesimyyrä) • lumipeitteen suojan hyödyntäminen (teeri) • rakennusten suojaan hakeutuminen (kotihiiri)

Populaatio on lisääntymisyhteisö

Samalla alueella elävät saman lajin yksilöt, jotka voivat lisääntyä keskenään, muodostavat populaation. Populaatio on siis lisääntymisyhteisö, mutta myös alleelivarasto, jossa ilmenee yksilöiden välisiä eroja eli muuntelua. Muuntelu ilmenee yksilöiden välisinä erilaisina alleeliyhdistelminä (genotyyppinä) sekä yksilöiden ominaisuuksien erilaisina piirteinä (fenotyyppinä).

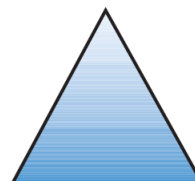
Lajin levinneisyysalue koostuu tavallisesti erillisistä, paikallisiin oloihin sopeutuneista osapopulaatioista. Joskus nämä ovat niin pieniä ja eristyneitä, että geenien vaihto niiden välillä estyy. Tämä voi johtaa lajiutumiseen tai eristyneen osapopulaation häviämiseen. Joissain tapauksissa hävinnyt osapopulaatio voi korvautua lähipopulaatioista siirtyneillä yksilöillä ja niiden jälkeläisillä. Toisiaan täydentävien osapopulaatioiden kokonaisuutta sanotaan metapopulaatioksi.



Ympäristössä tapahtuvat muutokset tuottavat erilaisia valintapaineita yksilöön. Valinta voi olla tasapainottavaa, suuntaavaa tai hajottavaa. Se kohdistuu yksilön fenotyyppiin ja aiheuttaa usein muutoksia (mikro-evoluutiota) populaation alleelisuhteissa. Parhaiten sopeutuvat yksilöt, jotka pystyvät lisääntymään tehokkaimmin eli joiden kelpoisuus ko. ympäristössä on paras.

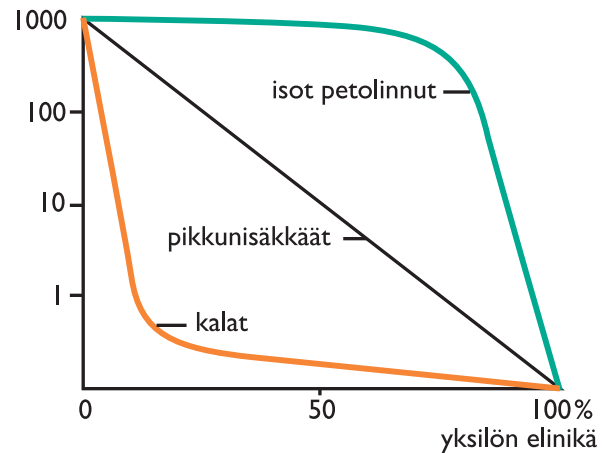
Populaatiota kuvataan erilaisilla tunnusluvuilla, jotka kertovat populaation yksilöiden sopeutumisesta kulloiseenkin ympäristöön. Esimerkiksi populaation suuri koko ja tiheys sekä nopea kasvu kertovat yleensä populaation hyvästä sopeutumisesta.

Muita tärkeitä populaatiota kuvaavia tunnuslukuja ovat tulo- ja lähtömuutto, syntyvyys ja kuolevuus, ikä- ja sukupuolijakauma sekä alueellinen jakautuminen elinalueella. Populaation ikärakennetta kuvataan ikäpyramidien ja jälkeläisten henkiinjäämistä eloonjäämis-kuvaajien avulla.



Eloonjäämiskuvaajan kolme päätyyppiä: kupera, kovera ja suora.

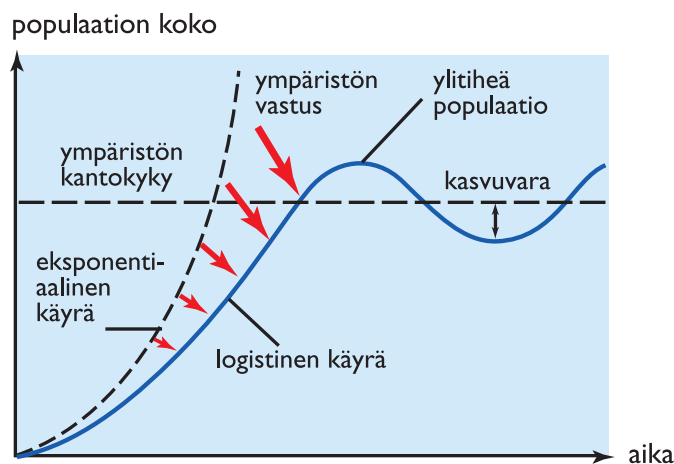
Populaation elossa olevien yksilöiden määrä



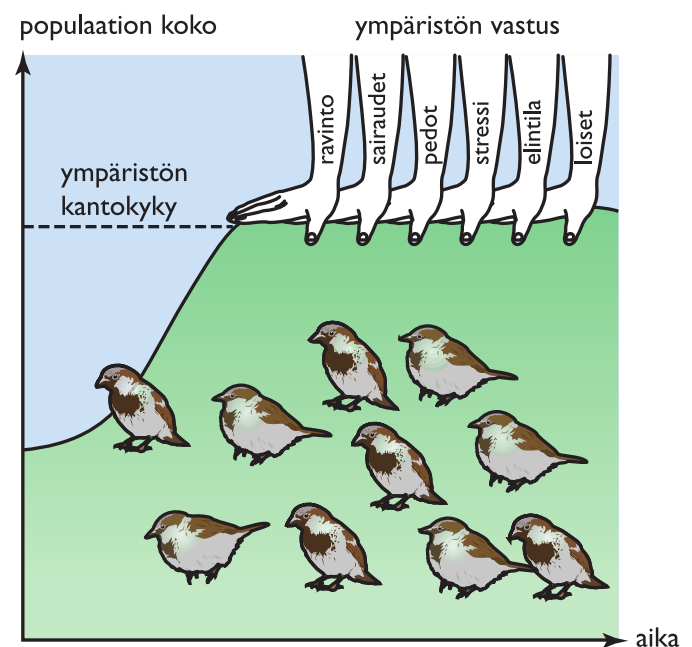
Ympäristö asettaa rajat populaation kasvulle

Jos elinympäristö on kaikin puolin suotuisa, populaatio voi kasvaa hyvin nopeasti. Rajaton kasvu ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä populaation kasvaessa yhä useammista resursseista alkaa tulla pulaa. Tämä aiheuttaa populaation yksilöiden kesken kilpailua, kuluttaa energiaa ja heikentää siksi lisääntymiskykyä. Syntyvyys alkaa pienentyä ja kuolevuus kasvaa.

Suurinta populaatiotiheyttä, minkä ympäristö voi elättää, sanotaan ympäristön kantokyvyksi, ja tekijöitä, jotka estävät populaation kasvun liian tiheäksi, sanotaan ympäristön vastukseksi. Populaatio voi olla ylitiheä vain väliaikaisesti. Yleensä se onkin selvästi alle kantokyvyn.



Eksponentiaalinen ja logistinen käyrä.



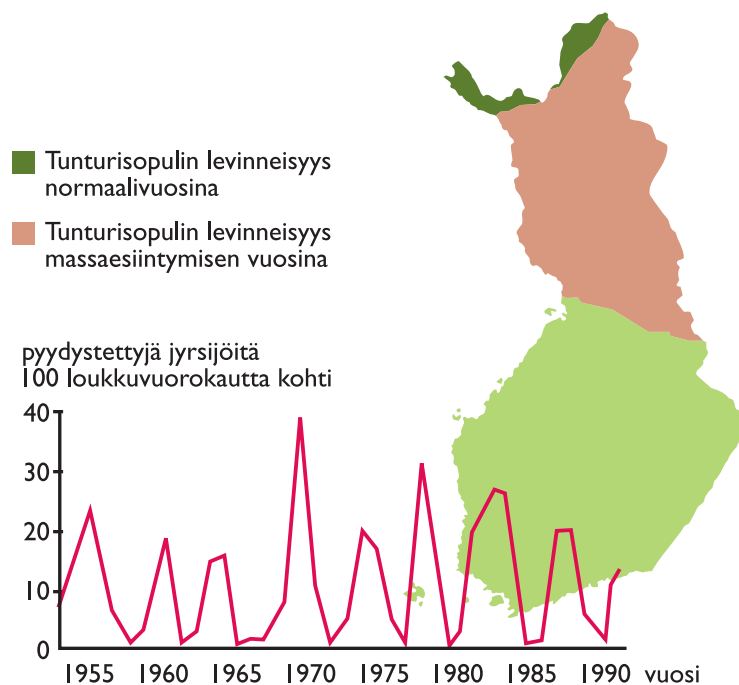
Populaation kasvua rajoittavia tekijöitä sanotaan ympäristön vastukseksi.

Eläinpopulaatioissa kilpailu resursseista voi ilmetä taisteluina, mahtailuna tai alistumiskäyttäytymisenä. Etenkin linnuilla on selkeä reviirikäyttäytyminen. Lintukoiras valloittaa mahdollisimman hyvin tarpeita tyydyttävän pesimäalueen eli reviirin ja ilmoittaa siitä laulullaan. Kun sopivat alueet on käytetty, muut lajin koiraat joutuvat tyytymään huonompiin alueisiin tai jäävät ilman reviiriä. Näin populaation tiheys säilyy kantokyvyn rajoissa.

Kasvien kesken kilpailua käydään yleensä vedestä ja ravinteista (juuristokilpailu) tai valosta (oksistokilpailu).

Populaation koko voi vaihdella epäsäännöllisesti

Joskus populaatioiden koko kasvaa rajusti, mutta se voi romahtaa seuraavana vuonna jälleen hyvin pieneksi. Syitä ei aina varmasti tiedetä. Useassa tapauksessa selitys voi olla yllättävä säätilojen muutos, joka romahduttaa ravinnon saannin ja vaikuttaa siten kuolevuuteen. Tunnettuja kannanvaihteluja ovat myyrien (mm. tunturisopuli) sekä havupuiden siemensadosta riippuvaisten lintujen (mm. käpytikka, pähkinähakki) populaatioiden suuret muutokset. Niihin liittyy usein ravinnon etsintään liittyviä vaelluksia, jotka saattavat johtaa lajin levinneisyysalueen laajentumiseen.



Lapin jyrsijöiden, kuten sopulin, säännölliset kannanvaihtelut tunnetaan hyvin. Vaihtelun perimmäisiä syitä ei kuitenkaan vielä tiedetä varmasti, vaikka selitysmalleja on useita.

TEHTÄVÄT

1. Peruskäsitteitä

Selvitä, mitä tarkoittavat seuraavat käsiteparit ja miten ne liittyvät toisiinsa. (6 p)

- ympäristön vastus – ympäristön kantokyky
- elinympäristö – ekolokero
- minimitekijä – ilmentälaji
- eksponentiaalinen – logistinen kasvu
- leveäkantainen – kapeakantainen ikäpyramidi
- kupera – kovera eloonjäämiskuvaaja

2. Käsitepareja

yo k-06

Määrittele seuraavat käsiteparit ja anna niistä esimerkit.

- autotrofinen eliö – heterotrofinen eliö
- laji – rotu
- ekologinen lokero – reviiri

3. Ongelmana talvi

yo k-12

Miten eliöt selviävät talvesta? Miten talvikauden lämpötila ja lumen määrä vaikuttavat eliöiden talvehtimiseen?

4. Pyynti – merkintä – uudelleen pyynti

Eläinpopulaation kokoa tutkittiin ns. pyynti – merkintä – uudelleen pyynti -menetelmällä. Ensimmäisellä pyyntikerralla (N_1) saatiin 100 yksilöä ja ne kaikki merkittiin. Toisella pyyntikerralla (N_2) saatiin 50 yksilöä, joista 5 oli merkittyjä (N_m). Oletetaan, että merkityt yksilöt sekoittuvat tasaisesti populaatioon ja merkintä ei vaikuttanut niiden todennäköisyyteen tulla pyydystetyiksi uudelleen.

- Laske tai päättele, mikä oli käytetyn menetelmän perusteella populaation koko (X). (2 p)
- Millaisten lajien populaatioiden koon arviointiin menetelmä sopii? (2 p)
- Mitä virhelähteitä menetelmän käyttöön liittyy? (2 p)

5. Siementen idätyskoe

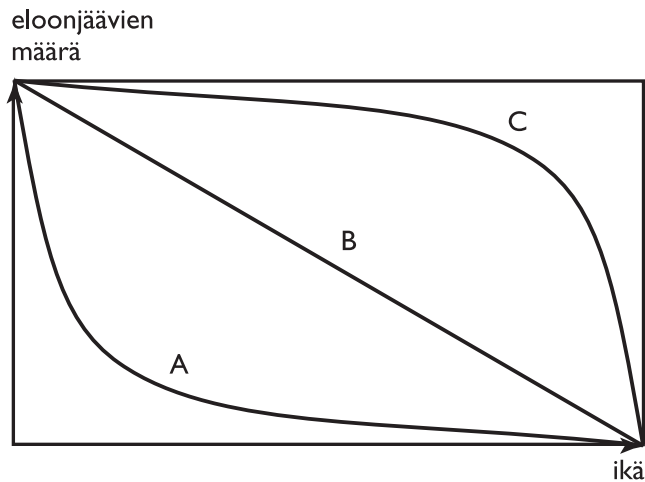
Taulukossa esitetään erään englantilaisen kivikokasvin (*Umbilicus rupestris*, napalehti) kahdesta eri kannasta peräisin olevien siementen itämisprosentteja eri lämpötiloissa tehdyissä kokeissa. Kanta A on peräisin Englannin sisämaasta lähes 200 metrin korkeudelta ja kanta B maan lounaisosan rannikolta.

- Piirrä aineistosta kuvaajat. Merkitse asteikkoon tarvittavat tiedot. (1 p)
- Mikä lämpötila on kuvaajan perusteella eri kantojen itämisen kannalta optimaalisin? Perustelee. (1 p)
- Arvioi laatimasi kuvaajan perusteella, mikä on kantojen itämisprosentti $+9^\circ\text{C}$:n lämmössä. (1 p)
- Pohdi, miksi kantojen A ja B jakaumat ovat erilaiset. (2 p)
- Miten oletat siemenille käyvän, jos lämpötila on -12°C ? (1 p)

lämpötila ($^\circ\text{C}$)	kannan A itämis-%	kannan B itämis-%
6,0	0,5	0
7,5	15	1,2
10,0	81	8
11,5	82	13
13,0	91	38
14,0	85	41
15,0	78	57
16,5	77	68
18,0	52	77
19,0	21	36
20,0	15	18
21,5	1,1	3

6. Eloonjäämiskuvaajien tulkinta

Kuviossa on eläinpopulaatioiden eloonjäämiskuvaajien päätyypit. Mitä niiden perusteella voidaan päätellä populaatioiden rakenteesta? Millaisia ovat kuvaajia vastaavat ikäpyramidit? (6 p)



7. Kasvillisuustutkimusta hiekkarannalla

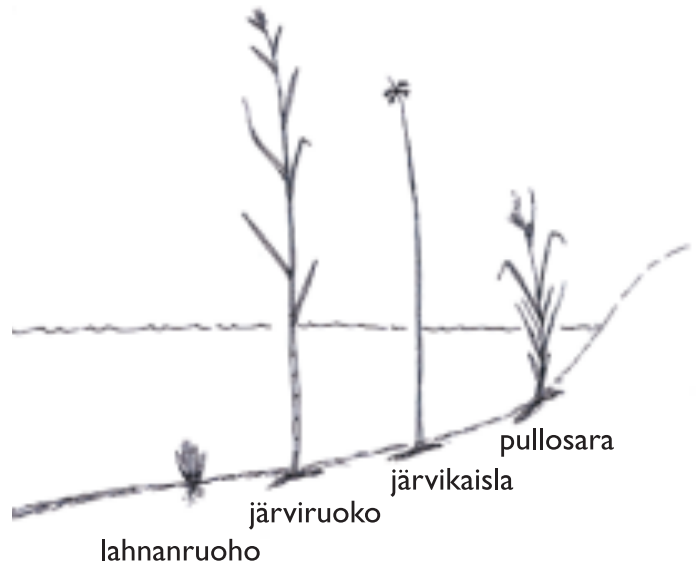
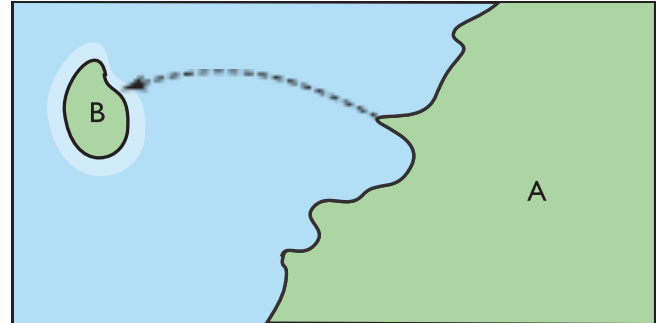
Viereisen sivun taulukko (ylh.) perustuu karun, melko humuspitoisen, hiekkarantaisen Suomunjärven rantakasvillisuustutkimuksiin. Se kuvaa runsaimpien vesikasvien jakaumaa rannan eri syvyysvyöhykkeissä. Luvut ovat prosentteja lajin biomassasta.

- Mitkä ympäristötekijät säätelevät kasvilajien ekolokeroa rannan syvyysvyöhykkeissä? (1,5 p)
- Mitä eroa havaitset pullosaran ja lahnanruohon ekolokeroissa (minimi, optimi, maksimi)? Mistä suuri ero johtuu? (1,5 p)
- Mistä johtuu, että järvikaislan ja järviruo'on ekolokerot ovat suurelta osin päällekkäisiä? (1,5 p)
- Jos järvi rehevöityisi, järvikaisla- ja ruokopopulaatiot todennäköisesti kasvaisivat voimakkaasti. Mitä niiden ekolokeroille silloin tapahtuisi? (1,5 p)

8. Kaksiosainen levinneisyys

Oheinen kartta esittää erään nisäkäslajin levinneisyyttä. Lajilla on mantereella laaja levinneisyysalue (A). Neljä yksilöä siirrettiin saarelle (B), jonne kehittyi erillinen pysyvä kanta.

- Pohdi kannan B tilaa ja tulevaisuutta. (3 p)
- Vertaa kannan A tilannetta kannan B tilanteeseen. (3 p)



Elo- muoto- ryhmä	Veden syvyys (cm)	–30– 10	–10– 0	0– 10	10– 20	20– 30	30– 50	50– 75	75– 100	100– 125	125– 150	150– 175	175– 200
	Vyöh. lev (m)	2,6	2,5	3,5	4,3	2,4	8,0	5,5	3,7	2,0	2,9	2,5	2,5
Ilma- versoi- set	pullosara	29	24	26	11	1							
	jouhisara	14	16	49	13	7	1						
	rantaluikka	8	27	22	16	11	15	1					
	järvikorte	3	10	27	21	13	14	5	4	2	1	1	
	järviruoko	2	7	14	13	12	28	17	5	2			
	järvikaisla			7	20	23	41	6	1	1	1		
Upo- lehtiset	rentovihvilä		21	15	19	17	16	1					
	ruskoärviä				5	15	25	12	19	16	5	2	1
Kellus- lehtiset	ulpukka				2	7	23	28	20	12	8	1	
	palpakko			2	2	6	20	10	17	19	20	4	
Pohja- versoi- set	nuottaruoho			4	8	12	27	30	19	1			
	lahnanruoho				1	2	11	21	32	19	14	2	1

Lähde: Toivonen, H. & Lappalainen, T. 1980: Ecology and production of aquatic macrophytes in the oligotrophic, mesohumic lake Suomunjärvi, eastern Finland. – Ann. Bot. Fennici 17:69–85

9. Populaation muutokset

Täytä taulukkoa populaation kasvua edistävistä ja hillitsevistä tekijöistä, jotka ovat

- a. populaation koosta ja tiheydestä riippuvaisia

(2 p)

- b. populaation koosta ja tiheydestä riippumattomia.

(2 p)

- c. Piirrä luonnonoloissa elävän populaation kasvua havainnollistava diagrammi. Selitä eri tekijöiden vaikutus populaation kasvuun.

(5 p)

	Edistävät populaation kasvua	Hillitsevät populaation kasvua
Populaation koosta ja tiheydestä riippuvaisia		
Populaation koosta ja tiheydestä riippumattomia		

10. Saimaannieriän elvytys

Lue oheinen lehtiartikkeli (Itä-Savo 27.12.2006).

- a. Kuvaile artikkelin perusteella saimaannieriän ekolokeroa. (1 p)
- b. Miksi lajista on tullut uhanalainen? (1 p)
- c. Mitä merkitystä lajille on sillä, että se koostuu pienistä osapopulaatioista? (1 p)
- d. Mitä tarkoittaa lause: ”Uusia emokaloja ei ole saatu pyydystetyksi riittävästi, jotta lajin geneettinen monimuotoisuus olisi turvattu”? (1 p)
- e. Miksi geneettinen monimuotoisuus pitäisi turvata? (1 p)
- f. Miten laji voitaisiin pelastaa? (1 p)

Nieriälle elvytysohjelma

Etelä-Savossakin on viitteitä luonnossa lisääntyvästä kannasta. Uhkana on lajin häviäminen kokonaan.

Päivi Hotokka

Mikkeli

Länsi-Savo, Itä-Savo 27.12.2006



Saimaannieriä on lohikala, joka viihtyy viileissä ja kirkkaissa vesissä.

SAIMAANNIERIÄN toivotaan tulevaisuudessa lisääntyvän jälleen luonnollisesti. Etelä-Savon TE-keskuksen kalatalousyksikön johdolla on koottu nieriän palauttamiseen tähtäävä toimenpideohjelma.

Saimaannieniä on äärimmäisen uhanalainen laji, joka lisääntyy nykyisin vain Kuolimossa Suomenniemen ja Savitaipaleen alueella. Nieriän istuttaminen Saimaaseen lisääntyi 1990-luvulla, ja istutettua nieriää saadaan saaliiksi nykyisinkin. Se on haluttu saaliskala.

Uusi emokaloja ei kuitenkaan ole saatu pyydystettyä riittävästi, jotta lajin geneettinen monimuotoisuus olisi turvattu.

- On uhka, että saimaannieriä häviää kokonaan, toteaa kalastusbiologi **Lasse Hyytinen**. Hyytinen on nieriän palauttamista pohtineen työryhmän puheenjohtaja.

NIERIÄKANTAA pyritään ensisijaisesti voimistamaan Kuolimossa, jotta emokaloja

saataisiin lisää. Toimenpiteitä on suunniteltu myös Länsi- ja Etelä-Saimaan karuille kallioalueille, kuten Luonterille, Louhivedelle, Yövedelle ja Lietvedelle. Niiden elinolosuhteet soveltuvat nieriälle, joka viihtyy erityisesti kylmissä vesissä. Hyytisen mukaan alueella on jopa havaittu viitteitä nieriöiden luonnonvaraisesta lisääntymisestä.

- On saatu kaloja, joissa on maitia ja mätä. Tarkkoja kutupaikkoja ei kuitenkaan ole tiedossa, ja niiden selvittäminen on osa toimenpideohjelmaa.

Nieriöiden lisääntymisalueet ovat pieniä ja niitä on hankala löytää. Siksi luonnonvaraisen nieriän biologista tiedetäänkin vasta vähän, ja lisää tutkimusta tarvitaan.

NIERIÄT ALKOIVAT vähentyä jo noin sata vuotta sitten. Yksittäistä syytä häviämiseen ei voi määrittellä, mutta ihmisen toiminta on muuttanut lajin elinympäristöjä haitallisesti.

On mahdollista, että nieriä on tullut luonnollisen elinkaarensa päähän.

- Kalastus ja mökkiasutus on lisääntynyt, jolloin kutualueita on häiritty, eikä mahdollisuutta lisääntymiseen enää ole, Hyytinen arvelee.

Syytä voi olla myös ilmaston lämpenemisessä, Saimaan pinnan laskussa jääkauden jälkeen ja rehevöitymisessä. Hyytisen mielestä on mahdollista, että nieriä on tullut luonnollisen elinkaarensa päähän, eikä sitä välttämättä saada elvytettyä. Kannan palauttamista kuitenkin yritetään. Mikäli ohjelma ei johda toivottuun lopputulokseen, saattaa olla, että laji häviää.

Hyytinen painottaa, että saimaannieriän palauttamisen vaatii ennen kaikkea yhteistoimintaa. Riista- ja kalatalouden tutkimuskeskus toteuttaa ohjelmaa, mutta mukaan tarvitaan myös

Saimaannieriä

- Jäi eristykseen Vuoksen vesistöön jääkauden jälkeen.
- Viihtyy kylmissä, hapekkaissa ja suhteellisen kirkkaissa vesissä.
- Eroaa geneettisesti muista Suomen nieriöistä.
- Punalihainen lohikala.
- Voi kasvaa jopa yhdeksän kilon painoiseksi.
- Vaaleapilkullinen, selästä tumma ja vatsasta punertava ja valkoinen.
- Kutsutaan myös nahkaloheksi, koska kalan suomut ovat hyvin pieniä.
- Suomessa nieriöitä elää myös Lapissa, missä niitä kutsutaan myös rauduiksi.

viranomaiset, kalatalousneuvontaa, kalastusalueet ja osakunnat ja kalastajat.

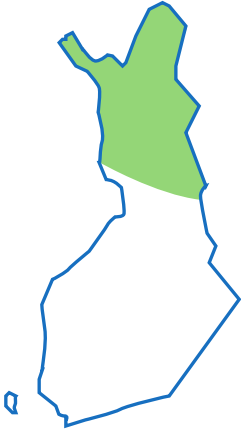
Etelä-Savon vesillä nieriän elvyttäminen saattaa näkyä kalastusrajoituksina syvännelalueilla. Hyytinen myöntää, että rajoituksista on häiriötä kalastajille, mutta toisaalta niitä on ollut muiden lajien takia jo aiemminkin.

Toimenpideohjelman mukaan kalastuksen säätelyn pitäisi jatkua vähintäänkin kahden kalasukupolven ajan eli noin 15 vuotta.

Jos ohjelma toteutetaan, nieriää istutetaan Etelä-Savossa todennäköisesti aiempaa enemmän ja suunnitelmallisemmin.

+ I I. Lajiparien vertailua

- a. Vertaa hiirihaukan ja piekanan ravintoa ja levinneisyyttä. Miksi levinneisyydet eivät juuri mene päällekkäin? Miksi saalisvalikoimat ovat erilaisia? Kumman kannanvaihtelut ovat suurempia ja mistä syystä? (3 p)
- b. Vertaa lumikon ja karpän ulkonäköä. Mitä päättelet lajien ekokeroista? Miten lajit välttävät keskinäistä kilpailua? Kumman kannanvaihtelut ovat suurempia ja mistä syystä? (3 p)
- c. Miten mustikan ja puolukan rakenneominaisuudet heijastavat niiden kasvupaikkaa? (3 p)

Hiirihaukka   Ravinto: useat pikkunisäkäslajit, sammakot, käärmeet, sisiliskot, linnunpoikaset	Piekana   Ravinto: sopulit ja muut myyrät
Lumikko  Ravinto: myyrät	Kärppä  Ravinto: useat pikkunisäkäslajit, pikkulinnut, sammakot, hyönteiset
Mustikka  Kasvupaikka kuusimetsät (mustikkatyyppi). Lehdet ohuita, karisevat talveksi	Puolukka  Kasvupaikka mäntymetsät (puolukkatyyppi). Lehdet paksuja, vahapintaisia, ikivihreitä

14 Eliöyhteisöjen ja ekosysteemien ekologiaa



Matalien umpeenkasvavien meren- ja järvenlahtien kasvillisuus on runsasta ja monilajista sekä tuottaa runsaasti biomassaa. Kasvien ja levien tuotannon varassa elää runsas eläimistö. Rantavesien nilviäiset, madot, hyönteistoukat ja muut pieneliöt tarjoavat runsaasti ravintoa kaloille, linnuille ja nisäkkäille. Kasvit sekä kasveja ja toinen toisiaan syövät eläimet muodostavat kosteikon eliöyhteisön. Yhdessä eliöitä ympäröivän elottoman luonnon kanssa eliöt muodostavat ekosysteemin.

Eliöyhteisö ja sen eloton ympäristö muodostavat ekosysteemin

Samalla alueella elävät eri lajien populaatiot muodostavat eliöyhteisön. Kukin populaatio vaikuttaa johonkin toiseen populaatioon, jotkut moneenkin. Yhdessä eliöitä ympäröivän elottoman luonnon kanssa eliöyhteisö muodostaa ekosysteemin. Esimerkiksi metsä, suo, järvi, meri ja akvaario ovat ekosysteemejä. Suurin tuntemamme ekosysteemi on maapallomme biosfääri. Kaikki ekosysteemit ovat erilaisia, mutta ne toimivat periaatteessa samalla tavalla.

Eliöyhteisö koostuu toinen toisiinsa vaikuttavista eri lajien populaatioista

Eliöyhteisön eri lajien yksilöiden kesken vallitsee monenlaisia vuorovaikutussuhteita, joista on niille joko etua tai haittaa. Mahdollinen etu tai haitta ilmenee muutoksina populaatioiden tiheydessä.

Joidenkin lajien asema eliöyhteisössään on muita merkittävämpi, koska ne elävät voimakkaassa vuorovaikutuksessa hyvin monien lajien kanssa. Näitä lajeja kutsutaan eliöyhteisön avainlajeiksi. Joidenkin

lajien keskinäinen suhde voi olla muita kiinteämpi, jolloin myös niiden evoluutiot ovat kiinteästi sidoksissa toisiinsa.

Vuorovaikutuksen kautta tapahtuvaa evoluutiota sanotaan lajien rinnakkais- eli koevoluutioksi. Sitä voi havaita etenkin tilanteissa, joissa lajit eivät enää menesty yksin. Esimerkiksi puun ja sienien välille on kehittynyt kumpaakin hyödyttävä mutualistinen suhde, kun ne muodostavat sienijuuren. Levän ja sienien kiinteä yhteiselo jäkälässä on kummankin elinehto. Myös kasvien ja niitä pölyttävien hyönteisten tai pedon ja saaliin suhteet ovat esimerkkejä lajien rinnakkaisesta evoluutiosta.

Yhteenveto kahden lajin (A ja B) mahdollisista vuorovaikutuksista

vuorovaikutus	erillään		yhdessä		esim.
	A	B	A	B	
neutraali	0	0	0	0	västäräkki, hirvi
kilpailu	0	0	-	-	minkki, vesikko
peto-saalissuhde	0 (saalis)	- (peto)	-	+	jänis, ilves
loissuhde	0 (isäntä)	- (loinen)	-	+	ihminen, heisimato
mutualismi (ehdollinen)	0	0	+	+	mustikka, kimalainen
mutualismi (ehdoton)	-	-	+	+	sieni, levä (jäkälässä)
pöytävierassuhde	0	-	0	+	ihminen, kotihiiri

0 = ei vaikutusta, - = epäedullinen, + = hyödyttävä

Vaikutus näkyy populaatioiden tiheyden muutoksina.

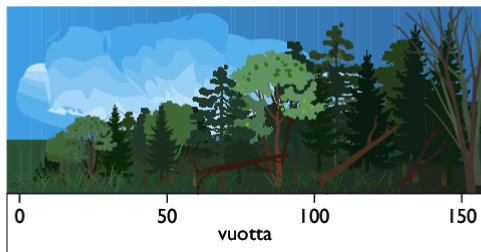
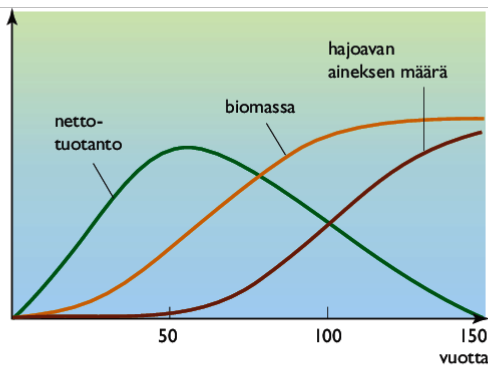
Eliöyhteisön ajallinen luonnonvarainen muuttuminen on sukkessiota

Esimerkkejä sukkessiosta ovat metsän soistuminen, matalien järvenlahtien umpeenkasvu, hylätyn pellon metsittyminen, vanhan katon sammaloituminen ja hakatun tai palaneen metsän uudelleenkasvu.

Kun metsä on palanut, se alkaa kasvaa uudelleen. Aluksi maa on kasviton. Vähitellen paikalle ilmestyy kasvillisuutta ja sen varassa ja suojassa elävää eläimistöä. Eliöyhteisöissä tapahtuu muutoksia, koska eliöt, varsinkin kasvit, muuttavat vähitellen ympäristöään, paikan pienilmastoa ja maaperää.

Alkuvaiheen lajeja kutsutaan pioneerilajeiksi. Vähitellen alueelle ilmaantuu pensaikkoa ja sekametsää, ja lajisto runsastuu. Lopulta metsä voi saavuttaa tilan, jolloin ympäristötekijät ja lajisto eivät enää muutu. Tätä sanotaan kliimaksi. Tuoreissa kangasmetsissä kliimaksipuu on kuusi, kuivissa kangasmetsissä mänty.

Käytännössä kliimaksia ei yleensä saavuteta, sillä pienialaisia sukkessioita alkaa koko ajan myrskyjen kaataessa lahoja tai vanhoja puita.



Metsän ikääntyessä sen nettotuotanto pienenee, mutta biomassan ja hajoavan puuaineksen määrä kasvaa.

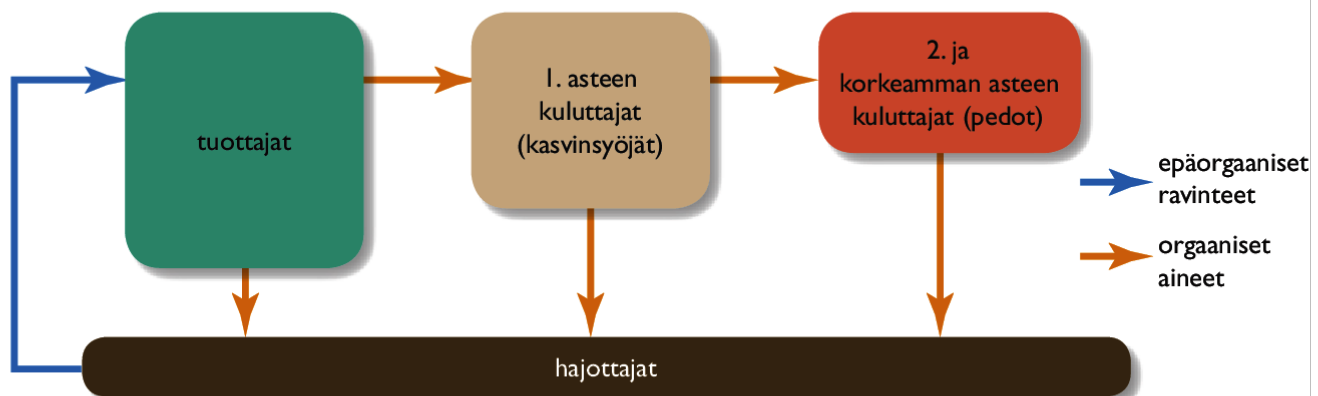
Aika ajoin toistuvat metsäpalot kuuluvat normaaliin metsien kiertoon. Suomessa vallalla oleva metsänhoitokaan ei anna metsien vanhentua, sillä metsien taloudellinen tuotto heikkenee puiden kasvun hidastuessa sukkession loppuvaiheessa.

Pioneerilajien selviytymisstrategia on olla nopeita leviämisessä, kasvussa ja lisääntymisessä ja käyttää siten kilpailuton tila hyväkseen. Kliimaksilajien strategia taas on olla hyviä kilpailijoita ja sinnitellä vanhojen metsien vakaissa oloissa. Viljelymaat ja kaupungit edustavat puolestaan elinympäristöjä, joissa lajisto voi kuulua lähes kokonaan pioneerilajeihin. Ihmisen toiminta estää niissä sukkession kehityksen kohti kliimaksia.

Ekosysteemissä on tuottajia, kuluttajia ja hajottajia

Kaikki eliöt tarvitsevat energiaa. Sen saantitavan perusteella eliöt voidaan jakaa omavaraisiin (autotrofeihin) ja toisenvaraisiin (heterotrofeihin). Omavaraiset saavat yhteyttämällä energiaa auringon valosta (fotosynteesillä) tai epäorgaanisista yhdisteistä (kemosynteesillä). Fotosynteesiin kykenevät ovat joko kasveja, leviä tai syanobakteereita. Kemosynteesi on mahdollista bakteereille ja arkeille. Omavaraiset eliöt ovat ekosysteemin tuottajia.

Yhteyttämiseen kykenemättömät eliöt ovat toisenvaraisia, eli niiden on saatava ravintoa energianlähteekseen. Näitä ovat ekosysteemin kuluttajat eli kasveja ja lihaa syövät eläimet sekä kuolleita eliöitä ja ulosteita syövät hajottajaeliöt. Myös sienet ja lehtivihreättömät kasvit ovat kuluttajia ja toisenvaraisia.

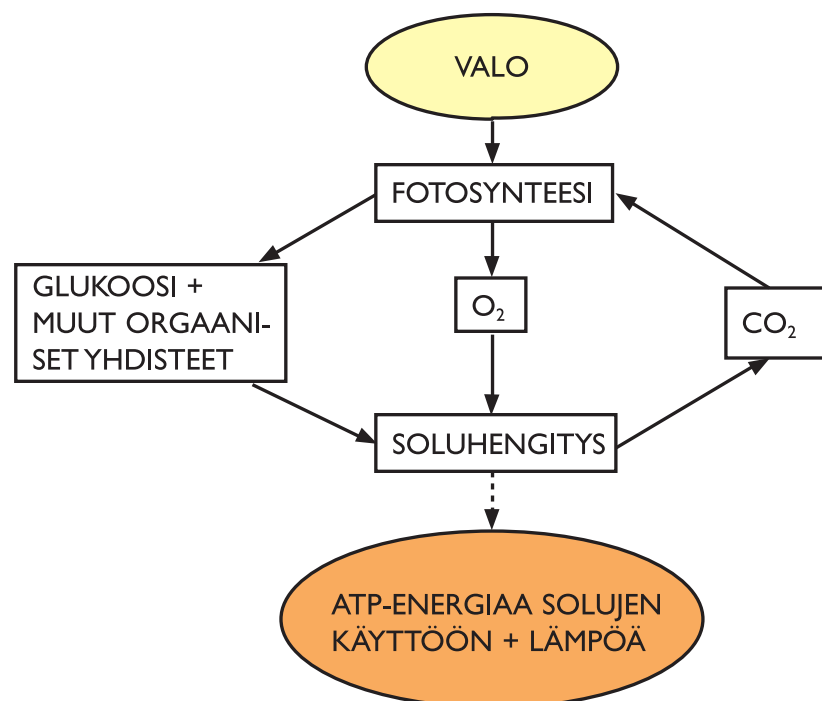


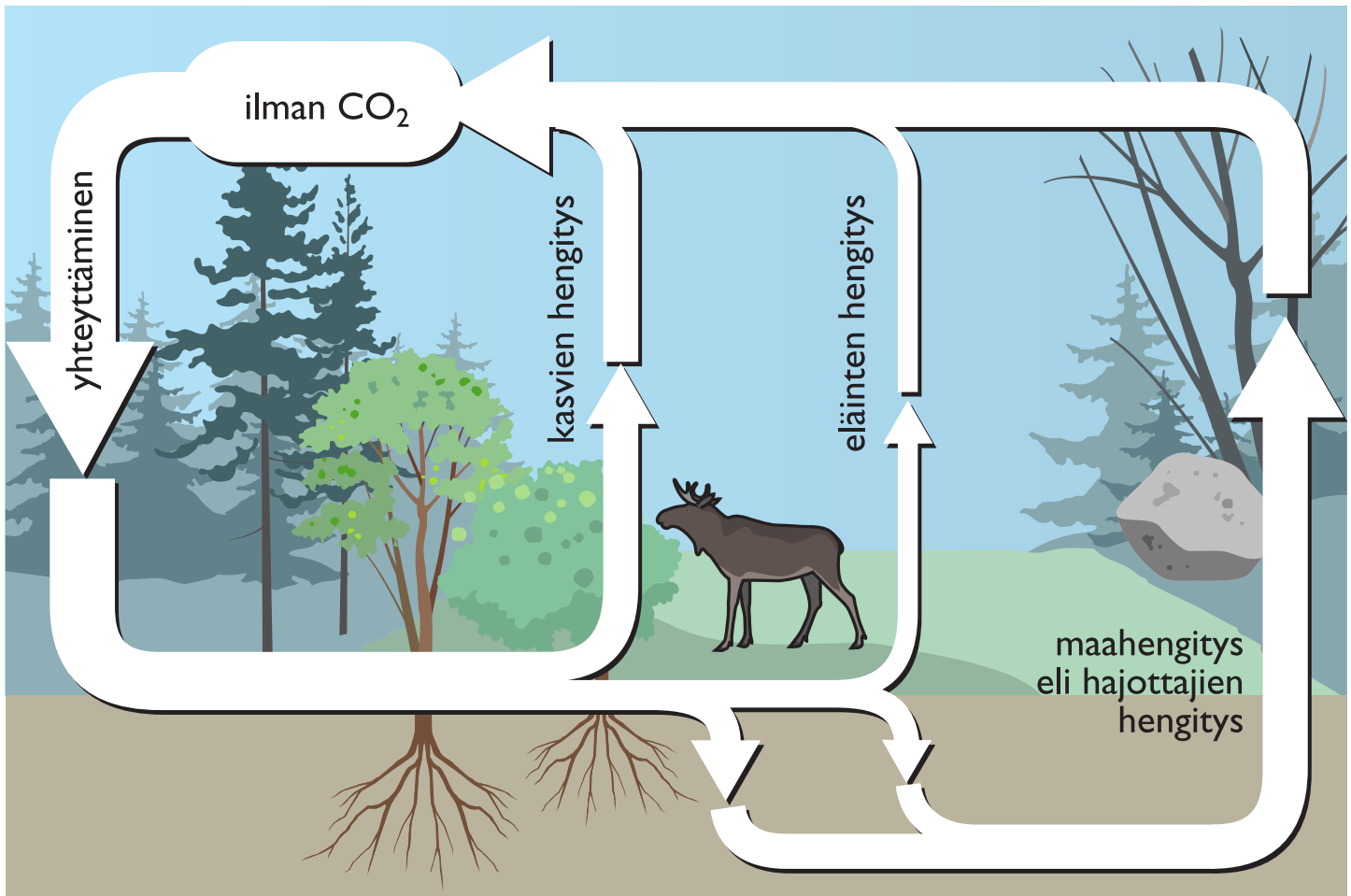
Ekosysteemeissä aineet kiertävät ja energia virtaa

Käsitteessä ekosysteemi korostuu eliöiden ja niitä ympäröivän elottoman luonnon vuorovaikutus. Esimerkiksi järvi, metsä ja suo ovat ekosysteemejä. Ekosysteemin toiminnassa keskeisiä ovat aineiden kierto ja energian virtaus. Aineiden kierto tarkoittaa sitä, että samat molekyylit voivat olla loputtomasti eräänlaisessa kierrätyksessä, vuoroin orgaanisina aineina ekosysteemin elollisessa ja vuoroin epäorgaanisina sen elottomassa osassa. Energia sen sijaan on kertakäyttöistä; se tulee eliöiden käyttöön auringosta valoenergiana, mutta poistuu lopulta eliöiden kannalta hyödyttömänä lämpösäteilynä avaruuteen.

Ekosysteemeihin vaikuttavista aineiden kierroista tärkeimpiin kuuluu veden kierto. Muita keskeisiä ovat hapen ja hiilen kierrot, jotka ovat fotosynteesin ja soluhengityksen kautta sidoksissa toisiinsa. Lisäksi typen ja fosforin kierrot ovat tärkeitä, koska sekä typpi että fosfori ovat usein ekosysteemien tuotantoa rajoittavia minimitekijöitä.

Hiili on eliöiden tärkeimpiä rakennusaineita. Sen biologisen kierron päätapauksia ovat fotosynteesi ja soluhengitys. Fotosynteesissä kasvit, levät ja syanobakteerit sitovat epäorgaanista hiiltä (ilmakseen CO_2) orgaanisiin yhdisteisiin (sokeriin). Soluhengityksessä sama tapahtuu toisin päin, jolloin orgaanisten yhdisteiden hiili palautuu epäorgaaniseen muotoon, hiilidioksidiksi.

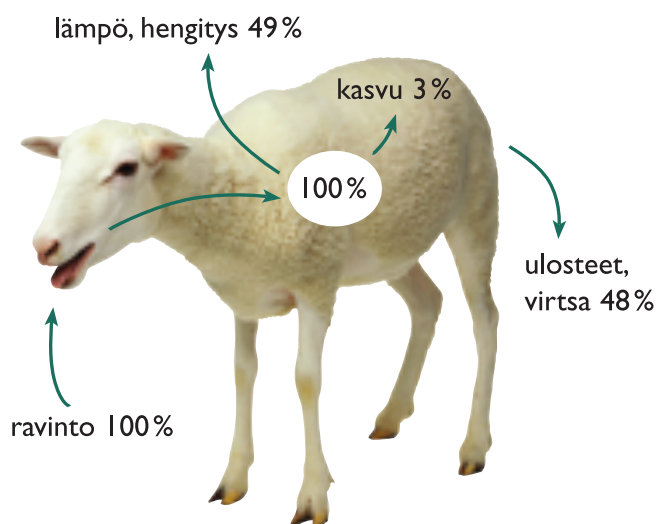
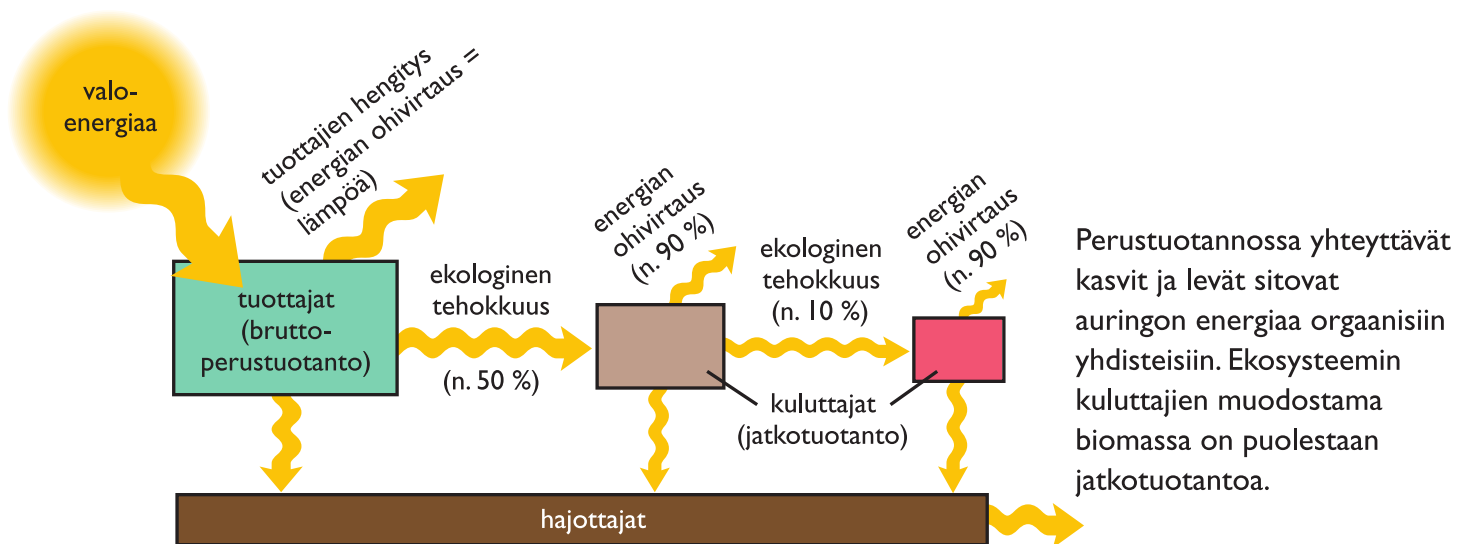




Yhteyttäminen ja hengitys ovat hiiltä kierrättäviä biologisia prosesseja. Kummankin nopeus vaihtelee vuoden- ja vuorokaudenaikojen mukaan, mutta pitkällä aikavälillä ne ovat yleensä tasapainossa.

Mannerten ekosysteemien energian saanti perustuu auringon valoon ja fotosynteesiin. Valtamerten syvyyksissä kemotsynteesillä on suuri merkitys. Energiaa ei voi tuottaa eikä hävittää, ja eliöt hyödyntäessään sitä vain muuttavat sitä muodosta toiseen. Kasvit ottavat auringon näkyvän valon säteilyenergiaa ja muuttavat sitä kemialliseksi sidosenergiaksi. Kuluttajat käyttävät ravintonsa sisältämää sidosenergiaa mm. aineenvaihduntareaktioihin, liikkumiseen ja uusien kudosten rakentamiseen.

Koko ajan osa energiasta muuttuu lämmöksi, joka on eliöiden kannalta käyttökeltotonta. Ravintoketjujen kaikissa vaiheissa poistuu lämpöä. Sitä sanotaan energian ohivirtaukseksi. Ekologiseksi tehokkuudeksi sanotaan eliöiden kykyä siirtää saamaansa energiaa seuraavan kuluttajaportaan käyttäväksi. Kasveilla tehokkuus voi olla 50 prosentin luokkaa, sillä ne eivät kuluta energiaa esimerkiksi liikkumiseen tai lämmön ylläpitoon. Eläimillä tehokkuus on vain noin 10 prosenttia. Tästä johtuu, että luonnossa ravintoketjut ovat harvoin neljää tai viittä lenkkiä pitempiä, sillä ohivirtauksen takia energiaa ei riitä useammalle.



Kuvan lampaan ekologinen tehokkuus on 3 prosenttia, koska ravinnosta tulevasta energiasta varastoituu sen verran kudoksiin. Loput 97 prosenttia on ohivirtaavaa energiaa. Koska vapaina liikkuvien eläinten ekologinen tehokkuus on varsin alhainen, on eläinten liikkuminen kaupallisessa kotieläintuotannossa usein pyritty estämään.

TEHTÄVÄT

1. Käsiteparit

Selitä käsiteparit lyhyesti, mutta kattavasti. (6 p)

- laidunnus – saalistus
- mutualismi – pöytävierassuhde
- lajin sisäinen kilpailu – lajien välinen kilpailu
- ekologinen tehokkuus – ohivirtaus
- pioneerivaihe – kliimaksi
- bruttoperustuotanto – nettoperustuotanto

2. Käsitteitä ja esimerkkilajeja

Määrittele esimerkin avulla

- omavarainen eliö,
- lahottaja,
- päällysvieras (epifyytti)
- huippupeto.

+3. Paloaukeasta kliimaksiin

Valokuvassa on äskettäin poltettua kuivaa kangasmetsää. Miten paloalue vähittäin muuttuu seuraavien noin 100 vuoden kuluessa, mikäli sukkessio saa edetä luonnonmukaisesti? Selvitä myös muutoksen syyt. Missä sukkessiovaiheessa kasvibiomassan, missä perhosten ja missä lintujen määrä on suurimmillaan? Perustele.



4. Ravintoketju ja -verkko

①



②



③



- Mitä ovat ravintoketju ja ravintoverkko? (2 p)
- Mistä energia tulee, ja miten se siirtyy kuvien 1–3 eliöiltä toiselle? Millaisiin lajienvälisiin suhteisiin energian siirtyminen perustuu? (3 p)
- Mitä tarvitaan kuvien esittämien eliöiden lisäksi, jotta ravinteet kiertäisivät ekosysteemissä? (1 p)

5. Hirvi ja susi

Hirvi ja susi ovat ekologisesti peto-saalis -suhteessa. Pedon ja saaliseläinten suhdetta voidaan kuvata eri näkökulmista.

- Piirrä ravintopyramidi ja sijoita hirvi ja susi siihen oikeille trofiatasoille. (1 p)
- Miten lajienvälinen suhde vaikuttaa kummankin lajin populaatioihin? (3 p)
- Millaisia sopeutumia on kehittynyt suden ja hirsven rakenteeseen ja käyttäytymiseen pitkän rinnakkaisevoluution (koevoluution) mittaan? (2 p)

6. Syksyn lehdet

Monien lehtipuiden lehdet kellastuvat syksyllä.

- Miksi puun kannalta on tärkeää, että lehdet kellastuvat ja putoavat ennen talven tuloa?
- Mitkä tekijät vaikuttavat lehden lahoamiseen maaperässä ja mikä on tämän ilmiön ekologinen merkitys?

7. Lajien suhteet

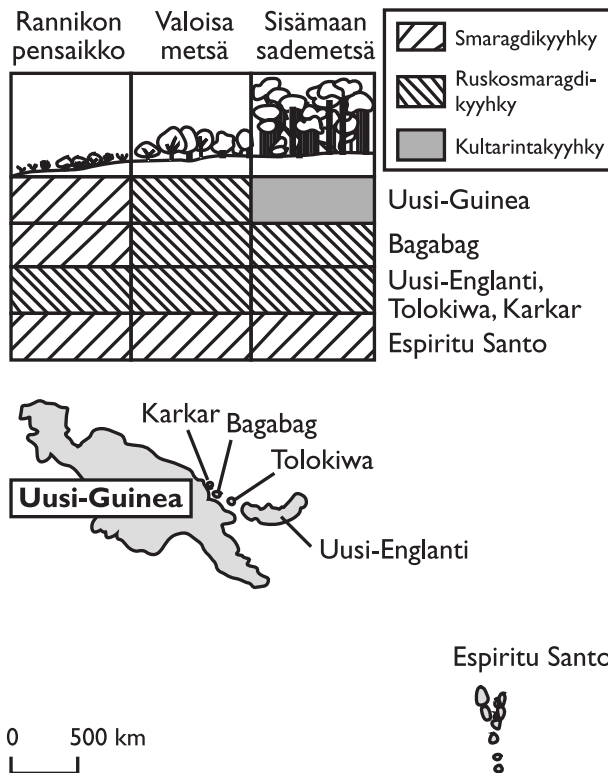
Millainen ekologinen suhde on seuraavilla lajipareilla niiden eläessä samalla alueella? Mitä seurauksia olisi, jos alleviivattu laji poistettaisiin? (6 p)

- omenapuu – kimalainen
- kissa – suolinkainen
- korppi – susi
- mänty – männynherkkutatti
- töyhtötiainen – hömötiainen
- kirjosieppo – paarma

8. Ekologiset lokerot

yo k-04

- Selosta, mitä tarkoitetaan ekologisella lokerolla ja lajienvälisellä kilpailulla ja miten ne liittyvät toisiinsa. (3 p)
- Smaragdikiyyhky, ruskosmaragdikiyyhky ja kultarintakiyyhky asuttavat Uuden-Guinean pääsaarta ja saariryhmiä kuvan taulukon mukaisesti. Miten kilpailulla voidaan selittää erot kyyhkyjen esiintymisessä eri saarilla? (3 p)

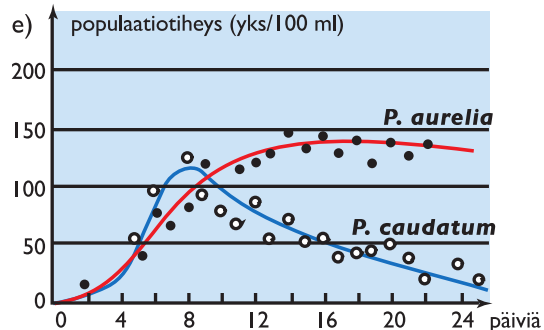
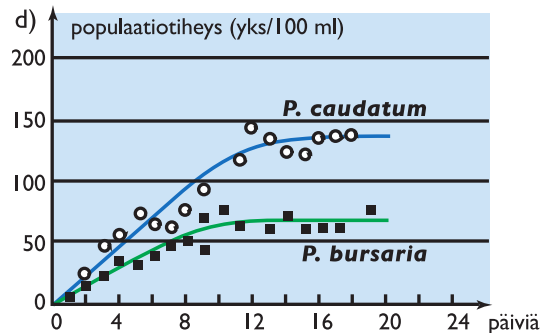
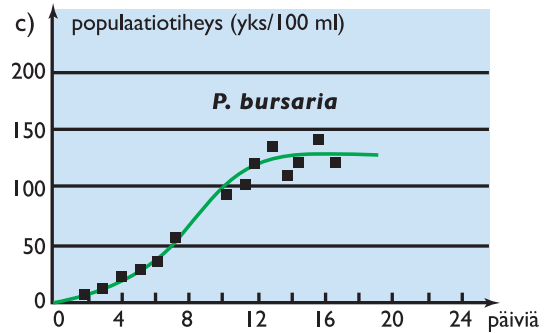
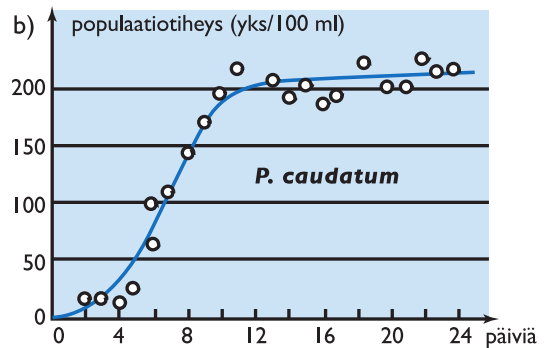
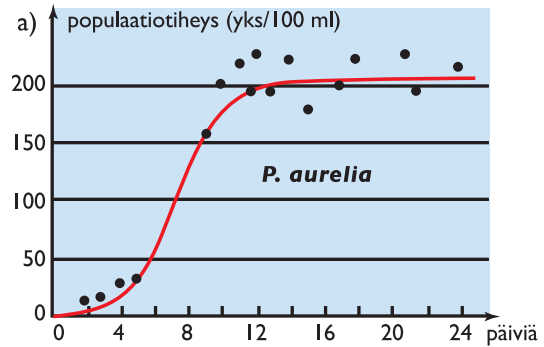


9. ”Gausen tohvelit”

Kuvat esittävät klassista Gausen (venäläisen biologi) koejärjestelyä tohvelieläinlajien (*Paramecium* sp.) välisistä suhteista.

- Kuvissa a–c esitetään kolmen eri tohvelieläimen populaation kasvua niiden kasvaessa yksin. Selitä kuvaajien muoto. (2 p)

- Kuvassa d *Paramecium caudatum* ja *P. bursaria* elävät yhdessä. Millainen on lajien välinen suhde? Selitä kuvaajien muoto. (2 p)
- Kuvassa e *Paramecium caudatum* ja *P. aurelia* elävät yhdessä. Millainen on lajien välinen suhde? Selitä kuvaajien muoto. (2 p)



10. Hajottajat

Hajottajien toiminta ja merkitys maaperässä.



11. Häkistä häiriköksi



Minkki (*Neovison vison*) on pohjoisamerikkalainen näättäeläin, jonka luontaista elinpiiriä ovat rannat ja ravintoa kalat, pikkunisäkkäät, sammakot ja ravut sekä pikkulinnut ja niiden munat. Minkkien tarhaus kaupallisena elinkeinona alkoi Suomessa suunnilleen 1900-luvun puolivälissä. Vähitellen minkkejä karkaili myös luontoon. Mitä ekologisia vaikutuksia vapaiksi päässeillä eläimillä voi olla? (6 p)

12. Ekologinen tehokkuus

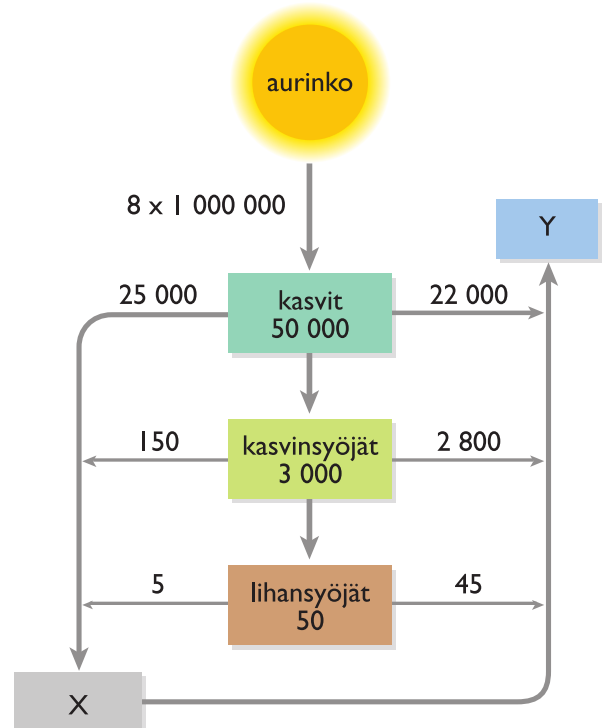


Mitä tarkoitetaan ekologisella tehokkuudella ravintopyramidin yhteydessä? Jos mittariperhosen toukka syö elinaikanaan 10 g vihreitä lehtiä, niin kuinka paljon varpushaukan biomassaa kasvaa, kun ravintoketju kulkee toukasta talitiaisen kautta haukkaan? Kunkin portaan ekologinen tehokkuus on biomassana laskien 10 %. (6 p)

+13. Metsän energiabudjetti

Oheinen virtauskaavio kuvaa energian virtaa metsäekosysteemissä. (Kaikki luvut ovat kJ/m²/v.) Tutki kaaviota ja vastaa sen perusteella seuraaviin kysymyksiin.

- Kuinka suuri on kasvien ekologinen tehokkuus (%)? (1 p)
- Kasvinsyöjät syövät kasvillisuudesta vain 3000 kJ/m²/v. Mihin muualle kasvien biomassassa olevaa energiaa joutuu eli mitä tarkoittavat laatikot X ja Y? (2 p)
- Mikä on kasvinsyöjien ekologinen tehokkuus? Selitä sen avulla, miksi maataloudessa tuotantoeläimet teljetään usein hyvin pieniin häkkeihin. (2 p)
- Miksi energia ei kierrä ekosysteemissä, mutta ravinteet kiertävät? (2 p)
- Kuinka suuri osuus kasvien sitomasta energiasta päättyy lihansyöjille? Selitä tämän avulla, miksi ravintoketjuissa on harvoin enemmän kuin neljä lenkkiä. (2 p)



15 Uhanalainen biodiversiteetti



Biodiversiteetti on elävän luonnon monimuotoisuutta. Se ilmenee elinympäristöjen erilaisina ekosysteemeinä ja eliöyhteisöinä. Selkeimmin jonkin alueen biodiversiteetti ilmenee sen eliölajien lukumääränä. Lajin sisällä biodiversiteetti ilmenee paikallisten populaatioiden sekä yksilöiden välisinä eroavaisuuksina. Ihmisen toiminta maapallolla on niin voimakasta ja kaikkialle ulottuvaa, että iso osa maailman ekosysteemeistä sekä eliölajeista on tavalla tai toisella uhattuna. Ihmisen luomat ekosysteemit ovat usein vähälajisia ja yksinkertaisia.

Elävän luonnon monimuotoisuus

Tietyn alueen biodiversiteettiin vaikuttavat alueelle tulevan Auringon energian määrä, kosteus, olosuhteiden vakaus sekä alueen laajuus. Tästä syystä etenkin lämpimien merten koralliriutat ja tropiikin sademetsät ovat erittäin monimuotoisia ekosysteemejä.

Alueen pinta-ala vaikuttaa monimuotoisuuteen siten, että pinta-alan kymmenkertaistuu lajimäärä kaksinkertaistuu.

MONIMUOTOISUUDEN TASOT	MIKÄ AIHEUTTAA?
Ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuus (paikallisten ekosysteemien runsaus, erilaiset elinympäristöt)	• auringon säteily tropiikissa runsasta, napa-alueilla vähäistä • sateiden alueellinen jakautuminen on epätasainen • alueen paikallisilmasto, ravinteiden ja veden saatavuus vaihtelevat (esim. vuoriston huiput ja laaksot, eri suuntien rinteet)
Lajimonimuotoisuus (eliöyhteisöjen lajimäärät)	• erilaisten ekolokeroiden runsaus mahdollistaa suuren lajimäärän
Lajin sisäinen (geneettinen) monimuotoisuus	• laji koostuu sen levinneisyysalueella elävistä, paikallisiin oloihin sopeutuneista populaatioista • mutaatiot, geneettinen rekombinaatio ja muovautumismuuntelu tekevät populaatioiden yksilöistä erilaisia

Maapallon eliölajien määrää ei tunneta kunnolla. Arviot vaihtelevat kymmenestä jopa kahteen sataan miljoonaan lajiin. Suomen eliölajien määrä on n. 42 000, mistä koko ajan kasvava osuus on eri syistä uhattuna. Myös uusia lajeja saapuu maahamme, osittain ihmisen tuomina vieraslajeina, osittain tulokaslajeina omin neuvojin ilmastonmuutoksen avustamina.

- lajien määrä
- monimuotoisuuskeskukset
- avainbiotoopit
- perinnebiotoopit

E erityisen runsaslajisia alueita ovat ns. monimuotoisuuskeskukset, joiden pinta-ala on yhteensä vain muutamia prosentteja maapallon maapinta-alasta, mutta joissa elää lähes puolet maailman putkilokasvilajeista ja kolmasosa tunnetuista maaselkärankaisista. Esimerkiksi Amazonasin alue, Malawi-järvi ja Indonesian saaristo ovat monimuotoisuuskeskuksia. Monissa niistä elää myös lajeja, joita ei tavata muualla. Nämä ovat kotoperäisiä eli endeemisiä lajeja. Esimerkiksi kakapo-papukaija on Uudessa-Seelannissa endeeminen laji, ja norpan alalaji saimaannorppa on endeeminen Suomessa.

Suomessa elinympäristöjä, joissa elää poikkeuksellisen paljon vaatelaita lajeja, sanotaan avainbiotoopeiksi. Niitä ovat lehdot, lähteiköt, puronotkot, lettosuot ja merenrantaniityt. Iso osa maamme metsistä on kangasturvetta muodostavia havumetsiä, joiden lajisto on varsin niukkaa. Soista suurin osa on nevoja ja rämeitä, jotka nekin ovat lajimääriltään niukkoja. Runslajisimpia ovat letot ja lähteiköt. Soiden reunat ja maatuvat rannat ovat reunavaikutuksen ansiosta runsaslajisia.

Perinnebiotoopit ovat elinympäristöjä, jotka ovat syntyneet perinteisten maankäyttömuotojen ansiosta. Esimerkiksi niittämällä avoimena pidetty niityt sekä karja- ja hevoslaitumina pidetyt lähimetsät ovat lajistoltaan arvokkaita. Maankäytön muututtua niitä on nykyisin ylläpidettävä aktiivisella hoidolla, esimerkiksi niittämällä.

Suomen luonnon erilaisia elinympäristöjä eli biotoopeja

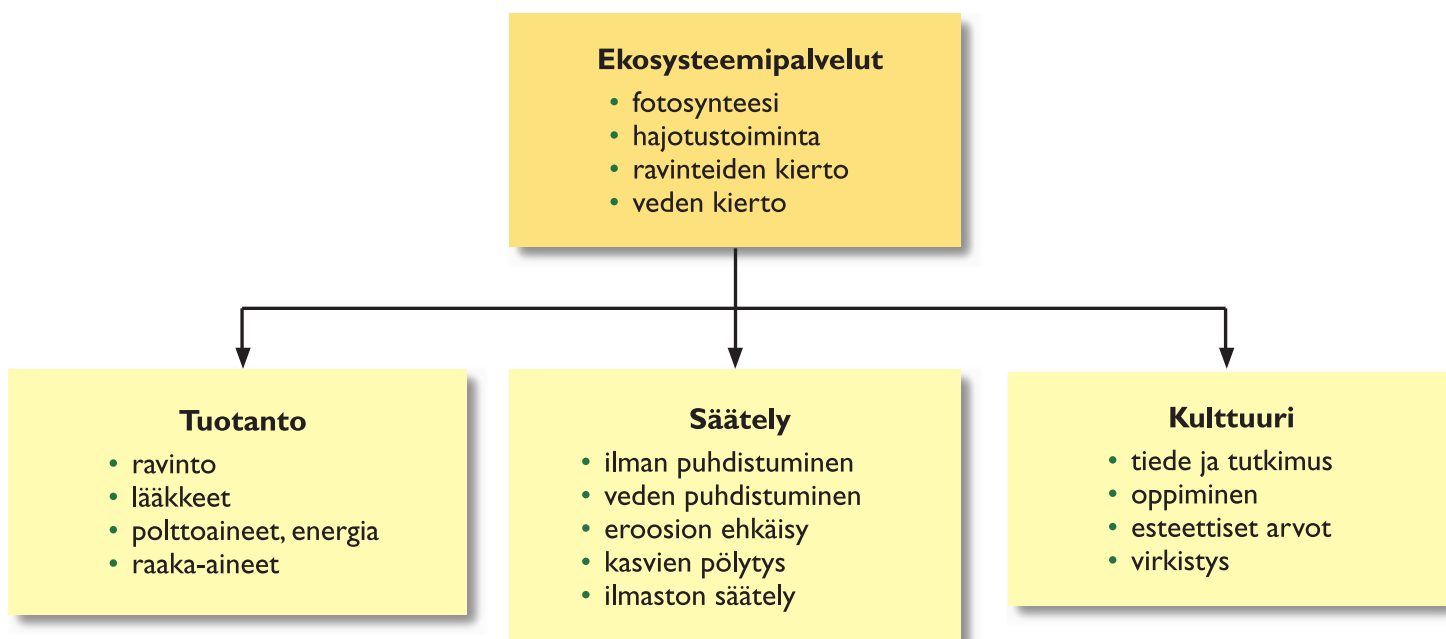
METSÄT	SUOT		SISÄVEDET
	SUOTYYPIT	YHDISTYMÄT	
• karukkokankaat • kuivahkot kankaat • kuivat kankaat • tuoreet kankaat • lehtomaiset kankaat • erilaiset lehdot	• korvet • rämeet • nevat • letot • luhdat • lähteiköt	• koho- eli keidassuot • aapasuot • palsasuot	• niukkaravinteiset kirkasvetiset järvet, • niukkaravinteiset ruskeavetiset järvet, • runsasravinteiset järvet, • virtaavat vedet (joet ja purot)

Maapallon biodiversiteetti on kriisissä

Ihminen on nuori laji, joka on runsastunut parin vuosisadan aikana valtavasti ja jonka vaikutukset ulottuvat kaikkialle maapallolla. Nämä vaikutukset ovat yleensä luonnon kannalta haitallisia ja aiheuttavat muutoksia ekosysteemien toimintaan. Ihminen muokkaa maan pintaa, muuttaa eliöiden elinympäristöjä ja aineiden kiertoa, tuottaa ympäristölle myrkyllisiä aineita sekä tuhoaa biologista monimuotoisuutta.

Ihmisen toiminta uhkaa monia ekosysteemejä. Esimerkiksi luonnonvaraisten metsien pinta-ala on pienentynyt rajusti ja suuri osa maailman kosteikoista on kuivattu. Huomattava osa maailman tunnetuista eläin- ja kasvilajeista on uhanalaisia, ja lajeja kuolee sukupuuttoon. Arvioidaan, että ihmisen toiminnan vaikutuksesta biosfääriä kohtaa sukupuuttoaalto, joka on nopeampi kuin yksikään aiemmista, jopa nopeampi kuin dinosaurusten tuhoon johtanut sukupuuttoaalto noin 65 miljoonaa vuotta sitten. Ihmisten määrän lisääntyessä heidän toimintansa vaikutukset kasvavat.

Tuhoamalla eliölajeja ihminen vaikeuttaa myös omia tulevia mahdollisuuksiaan hyödyntää elävää luontoa. Luonnon ihmiselle tarjoamia välttämättömiä aineellisia ja aineettomia resursseja eli ekosysteemipalveluja ovat mm. ravinto- ja lääkekasvit, kuidut ja monet muut materiaalit. Lisäksi monet eläimet ovat välttämättömiä viljelymaan muokkaajina ja kasvien pölyttäjinä.



UHKA BIODIVERSITEETILLE	SEURAUKSIA
• metsien hakkuut • peltojen raivaus • kaupunkien rakentaminen • soiden ja kosteikkojen kuivatus • perinnebiotooppien umpeenkasvu	• elinympäristöjen tuhoutuminen • lajien sukupuutot
• kala- ja riistakantojen kestämaton käyttö (esim. tonnikalat) • arvokkaiden puiden hakkuut (esim. huonekalujen raaka-aineeksi)	• populaatioiden romahtaminen • lajien uhanalaisuus
• yhtenäisten metsien muuttuminen metsäsaarekkeiksi • ekologisten käytävien katoaminen	• populaatioiden pirstaloituminen • geenivirran katkeaminen • pienet populaatiot vaarassa hävitä
• vieraslajit	• alkuperäiseen lajistoon kuulumattomat lajit syrjäyttävät alkuperäisiä
• ilmastonmuutos • happamoituminen • rehevöityminen • myrkyt	• elinympäristöjen muuttuminen tai saastuminen

Ihminen uhkaa, mutta myös suojelee elinympäristöjä

Biodiversiteetin turvaaminen edellyttää sen tutkimista ja suoje-
lua. Suojelussa on tavoitteena erilaisten, riittävän isojen elinym-
päristöjen säilyttäminen sekä kaikkien lajien elinmahdollisuuk-
sien ja lajin sisäisen monimuotoisuuden turvaaminen. Suomessa
mm. avainbiotoopit ovat erityistä suojelua kaipaavia elinympä-
ristöjä, sillä niitä suojelemalla voidaan varmistaa monen lajin
säilyminen maamme luonnossa. Lajin populaatioiden välisen
geenivirran takaamiseksi luodaan suojelualueiden välille ns.
ekologisia käytäviä ja astinkiviä.

Ns. sateenvarjolajeja suojelemalla voidaan auttaa myös mui-
den samasta ympäristöstä riippuvaisten lajien säilymistä. Esi-
merkiksi valkoselkätikkaa suojelemalla suojellaan samalla myös
useita lahoppuista riippuvaisia lajeja. Lajien suojelemiseksi voi-
daan lajeja ja niille tärkeitä elinympäristöjä rauhoittaa. Salamet-
sästystä sekä eläimillä ja kasveilla käytävää kauppaa on rajoitettu
varsin menestyksellisesti CITES-sopimuksella.

SUOJELUN KEINOJA

- suojelualueiden perustaminen
- elinympäristöjen hoito
- ekologiset käytävät ja askelkivet
- sateenvarjolajien suojelu
- eläintarhat (ex situ -suojelu)
- rauhoitukset, valvonta
- suojelusopimukset
- tiedotus, valistus
- geenitekniikka

TEHTÄVÄT

1. Peruskäsitteitä

Selitä lyhyesti, mitä tarkoitetaan seuraavilla käsitteillä, ja mainitse kustakin yksi esimerkki.

(6 p)

- monimuotoisuuskeskus
- endeeminen
- ekologinen käytävä
- CITES-sopimus
- vieraslaji
- geenipankki

2. Biodiversiteetin kriisin syitä

Selitä, miten alla olevat ihmisen aiheuttamat tekijät vaikuttavat haitallisesti biodiversiteettiin.

Mainitse esimerkkejä lajeista, jotka kärsivät.

- elinympäristöjen tuhoaminen (2 p)
- luonnonvaraisten eliöpopulaatioiden liikakäyttö (1 p)
- populaatioiden pirstaloituminen (1 p)
- vieraslajit (1 p)
- ympäristön pilaantuminen (1 p)

3. Suojelun keinoja

Täydennä taulukkoa lisäämällä kuhunkin suojelukeinoon liittyvä perustelu tai tavoite. (6 p)

SUOJELUKEINO	TAVOITE: Miten tällä voidaan edistää lajien suojelua?
suojelualueet ja elin- ympäristöjen hoito	
ekologiset käytävät, askelkivet	
sateenvarjolajien suojelu	
eläintarhat (ex situ -suojelu), geenitekniikka	
rauhoitukset, valvonta ja suojelusopimukset	
tiedotus, valistus	

+4. Kaupunkiekosysteemi

yo s-07

Millaisia elinympäristöjä kaupungit tarjoavat eläimille ja kasveille? Miten olosuhteet vaikuttavat kaupunkien eläin- ja kasvilajistoon? Anna esimerkkejä. (9 p)

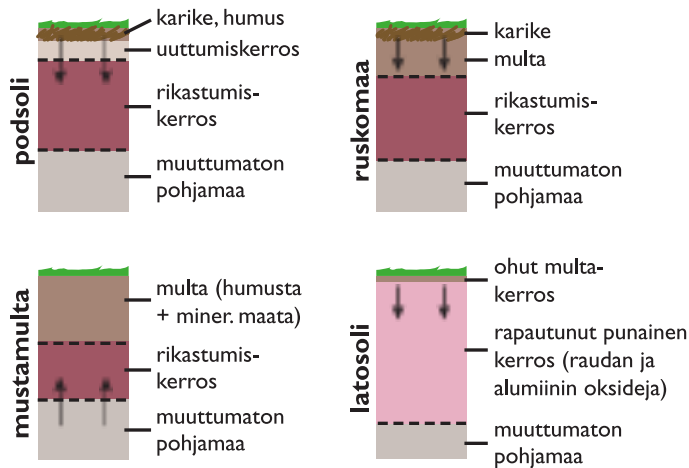
+5. Erilaisia metsiä



Oheinen kuvapari esittää luonnontilaista metsää sekä talousmetsää.

- Kumpi kuvista esittää luonnontilaista metsää ja millä perusteella? (1 p)
- Kumman monimuotoisuus on suurempi? Perustele ja osoita kuvista monimuotoisuutta lisääviä tekijöitä. (2 p)
- Selitä, miksi tehokas puuntuotanto ja harvinaisten lajien suojelu saattavat olla ristiriidassa. (3 p)
- Miten luonnontilaisesta vanhasta metsästä löytynyttä erittäin uhanalaista kovakuoriaista tai kasvia voidaan suojella? (3 p)

6. Maannokset



Tarkastele kuvissa olevia maannosprofileja.

- Mitkä abioottiset ja bioottiset prosessit synnyttävät maannoksen? (2 p)
- Missä kasvillisuusvyöhykkeissä kuvien esittämät maannokset ovat tyypillisiä? (2 p)
- Mitkä niistä sopivat parhaiten maanviljelykseen? Perustele. (2 p)

+7. Australian kanikatastrofi

Australiaan tuotiin Englannista vuonna 1895 parikymmentä kania. Kanit lisääntyivät Australiassa todelliseksi maanvaivaksi, sillä jo kaksi vuotta myöhemmin jouduttiin hävittämään kymmeniä tuhansia kaneja.

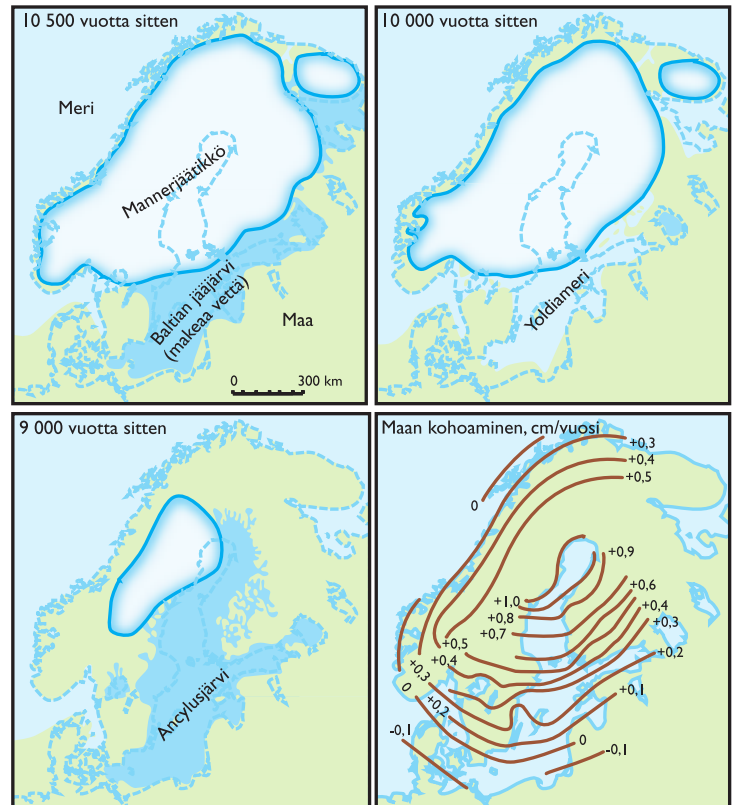
- Miksi kanit eivät olleet ongelma Englannissa? (1 p)
- Kaneja yritettiin hävittää tuomalla kettuja Euroopasta. Ketut metsästivät kuitenkin vain hidasliikkeisiä pussieläimiä. Miksi näin kävi ja mitä seurauksia tästä oli? (1 p)
- Kaneista tuli vakava haitta lampaankasvatukselle. Mistä kanit ja lampaat kilpailivat? (1 p)
- Etelä-Amerikasta tuotiin myksomatoosi-virusta, jonka toivottiin tappavan kaneja. Aluksi virus olikin tehokas ja tappoi jopa yli 99 prosenttia kaneista. Miksi sama virus ei ollut yhtä tehokas Etelä-Amerikassa? (2 p)
- Jonkin ajan kuluttua virus ei enää näyttänyt tehoavan. Mitä kanipopulaatiossa tapahtui? (2 p)
- Miksi virukselle ei ole edullista olla tappavan tehokas? Mitä sille tapahtui? (2 p)

8. Itämeri, murtovesi

Itämeri on geologisesti hyvin nuori merialue, sillä se muotoutui vasta viime jääkauden jälkeen. Se on ollut välillä selvästi meri, välillä selvästi järvi. Lajistoon kuuluu nykyisin sekä meri- että järvilajeja. Lisäksi Itämereen on viimeisen 150 vuoden aikana siirtynyt eri tavoin yli 90 uutta lajia

- Miten voidaan tietää, että meri- ja järvivaiheet ovat vaihdelleet? Mikä vaihtelun on aiheuttanut? (1 p)
- Mitkä ympäristötekijät säätelevät meri- ja järvilajien esiintymistä Itämeren alueella? (1 p)
- Miksi varsinaiset murtovesilajit lähestulkoon puuttuvat Itämerestä? (1 p)
- Miksi monet uudet lajit ovat vakiintuneet helposti Itämereen? Mainitse kolme esimerkkilajia. (1 p)
- Mihin suuntaan valinta muuttanee lajistoa tulevana vuosikymmeninä tai -satoina? (2 p)

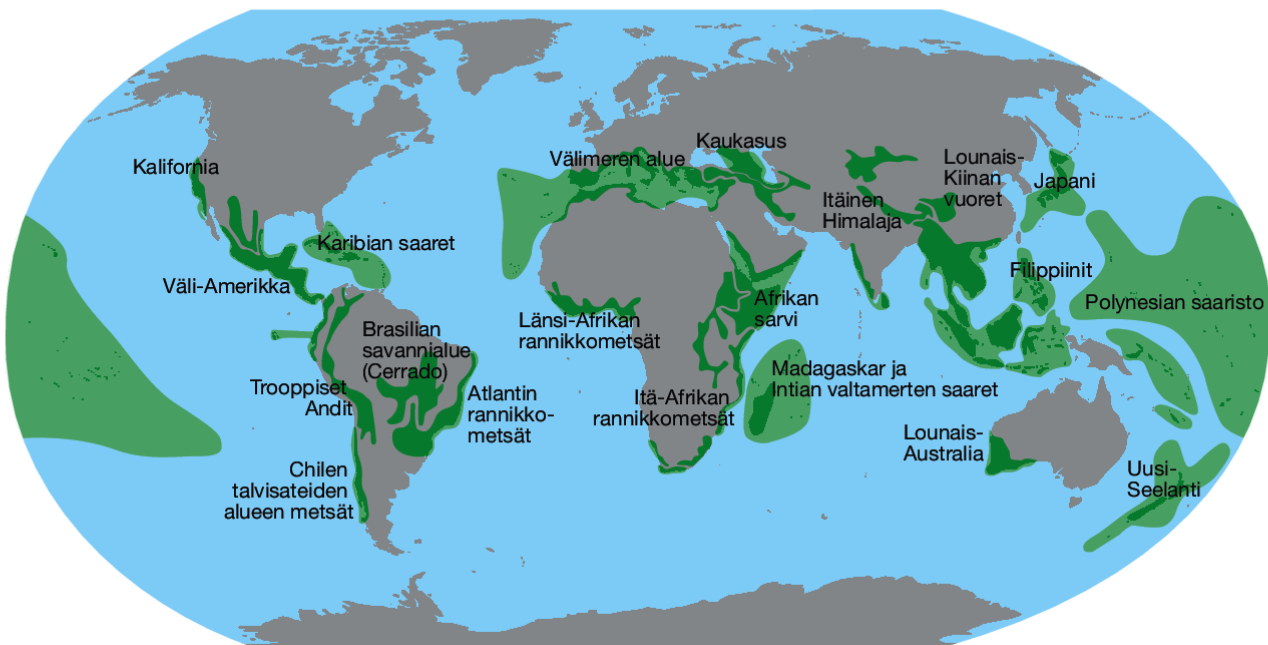
Itämeren vaiheita



9. Monimuotoisuuskeskukset

Oheinen kartta esittää mantereilla olevia monimuotoisuuskeskuksia, joissa lajien määrä on erityisen suuri.

- Millaiset maantieteelliset piirteet ovat yhteisiä lähes kaikille monimuotoisuuskeskuksille? (2 p)
- Pohdi, miksi juuri kartassa olevat alueet ovat kehittyneet lajistoltaan monimuotoisiksi. (2 p)
- Mistä syistä useiden monimuotoisuuskeskusten suojeleminen on kangerrellut? (2 p)



10. Nuuksion kansallispuisto

Nuuksion kansallispuisto on perustettu metsäluonnon suojeluun.

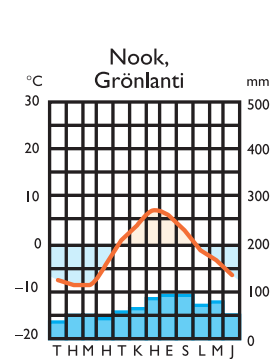
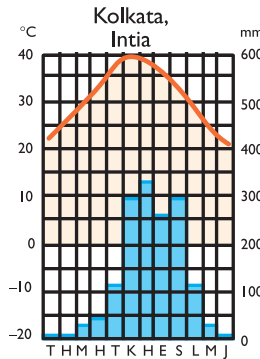
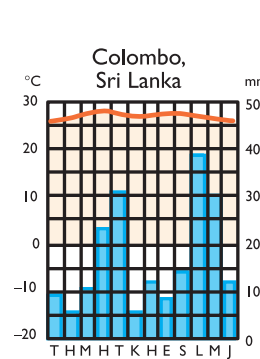
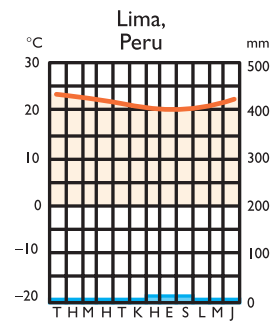
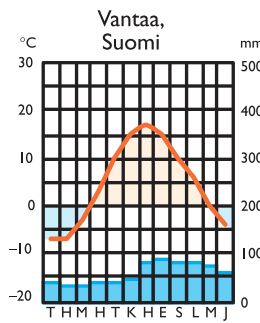
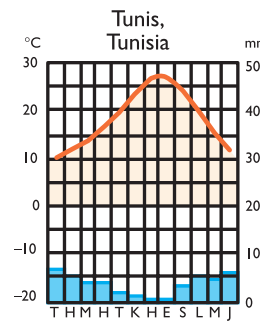
- Mihin metsäluonnon suojelulla pyritään? (1 p)
- Arvioi, miten tässä kansallispuistossa toteutuu onnistuneen suojelualueen kriteerit. (3 p)
- Mitkä seikat voivat uhata tätä suojelu-aluetta seuraavien 50 vuoden aikana? (2 p)



I 1. Ilmastodiagrammien tulkintaa

Tutki ja tulkitse oheisia ilmastodiagrammeja.

- Päättele, mitä ilmastovyöhykkeitä ja biomeja ilmastodiagrammit edustavat. (2 p)
- Millaisiin olosuhteisiin eliöt joutuvat sopeutumaan kunkin diagrammin kuvaamissa ilmastoissa? (2 p)
- Millaisia rakenteeseen tai elintoihintoihin liittyviä sopeutumia ilmastodiagrammien kuvaamat olot edellyttävät eliöiltä? (2 p)



I 2. Suomen uhanalaiset lajit

Suomessa arvioidaan olevan ainakin 1500 uhanalaista tai vaarantunutta eliölajia. Suuri osa niistä elää joko vanhoissa metsissä, perinnebiotoopeissa tai ns. avainbiotoopeissa.

- Mitä tarkoitetaan perinne- ja avainbiotoopeilla? (1 p)
- Miksi uhanalaisia lajeja on erityisesti näissä ympäristöissä? (1 p)
- Mitä eroja on vanhojen metsien ja perinnebiotooppien syntyhistoriassa? (1 p)
- Mitä eroja niissä esiintyvien lajien ominaisuuksissa todennäköisesti on? (2 p)
- Mitä eroja mainittujen elinympäristöjen suojelussa on? (1 p)

+I 3. Vieraslajit

Tahallisesti tai tahattomasti luontoomme tuotu tai saapunut uusi laji voi olla mielenkiintoinen erikoisuus, hyödyllinen eliöyhteisön jäsen tai varsinainen riesa. Tunnettuja esimerkkejä ovat lupiini, kyhmyjoutsen, minkki, kanadanmajava, supikoira ja täplärapu. Pohdi niiden vaikutuksia muihin lajeihin ja ympäristöön Suomessa. (9 p)

+I 4. Uhanalaisia elinympäristöjä

Tarkastele erilaisia tekijöitä, jotka tekevät seuraavista suomalaisista biotoopeista haavoittuvia.

- järvet (2 p)
- virtaavat vedet (2 p)
- metsät (2 p)
- suot (2 p)
- perinnebiotoopit (1 p)

+I 5. Lajien merkitys ihmiselle

Miksi yhä useammat maapallon eläin- ja kasvilajit ovat uhanalaisia? Mitä ihmiskunta menettää, kun lajeja kuolee sukupuuttoon? Miten voidaan estää uhanalaisten lajien häviäminen tai hidastaa sitä? (9 p)



16 Aineita väärissä paikoissa

Kasvit rakentavat orgaanisia yhdisteitä ympäristöstä ottamistaan epäorgaanisista aineista. Eläimet muokkaavat ravinnossa tulleita orgaanisia aineita soluissaan. Eliöiden kuoltua hajottajat palauttavat aineet takaisin epäorgaaniseen muotoon. Samat aineet ovat jatkuvassa kierrossa elollisen ja elottoman luonnon välillä. Ihminen on toiminnallaan aiheuttanut häiriöitä aineiden luonnolliseen kiertoon. Lisäksi ihminen on levittänyt luontoon aineita, jotka eivät sinne kuulu ja ovat eliöille myrkyllisiä.

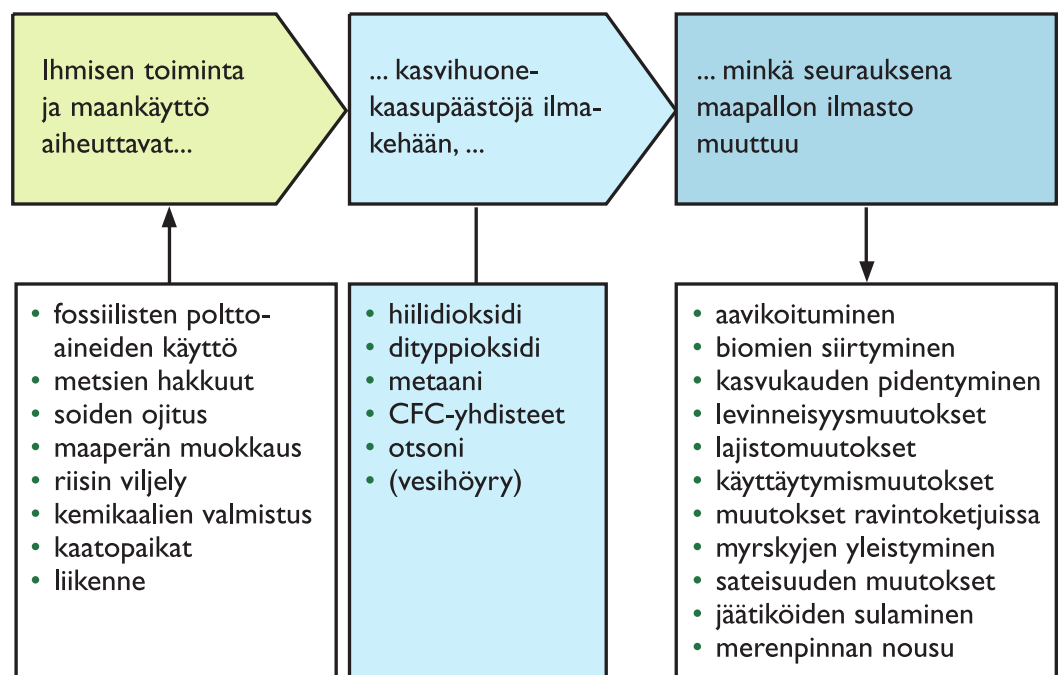
Monenlaisia päästöjä

Ihmisen toiminta häiritsee aineiden kiertoa monin tavoin. Yleisesti ”saasteiksi” sanotut aineet ovat joko rehevöittäviä, myrkyllisiä, happamoittavia tai kasvihuonekaasuina vaikuttavia aineita.

haitallinen aine	alkuperä	haitallisia vaikutuksia
fosfaatit ja nitraatit	asutuksen jätevedet, pelloilta valuvat lannoitteet	rehevöittävät vesistöjä
rikin ja typen oksidit	öljyn ja kivihiilen poltto	happamoittavat vesiä ja maaperää
raskasmetallit (Hg, Cd, Pb)	teollisuus, liikenne, vääriin paikkoihin joutuneet ongelmajätteet	kertyvät ja rikastuvat eliöihin, aiheuttavat hermostovaurioita, elintoimintojen häiriöitä, mutaatioita
orgaaniset myrkyt (DDT, PCB, dioksiini)	hyönteismyrkyt, jätteiden poltto, vanhat sähkölaitteet, teollisuus	rikastuvat ravintoketjuissa, aiheuttavat häiriöitä elintoiminnoissa ja lisääntymisessä jo pieninä pitoisuuksina
öljy	vuodot öljynporauksen, kuljetusten ja käsittelyn aikana	likaa ympäristöä, vaurioittaa eliöitä, sisältää syöpää aiheuttavia aineita
kasvihuonekaasut (mm. CO ₂ , CH ₄)	fossiilisten polttoaineiden käyttö, kaatopaikat, maatalous	voimistavat ilmakehän kasvihuonevaikutusta, seurauksena maapallon ilmaston lämpeneminen

CO₂ ja muut kasvihuonekaasut

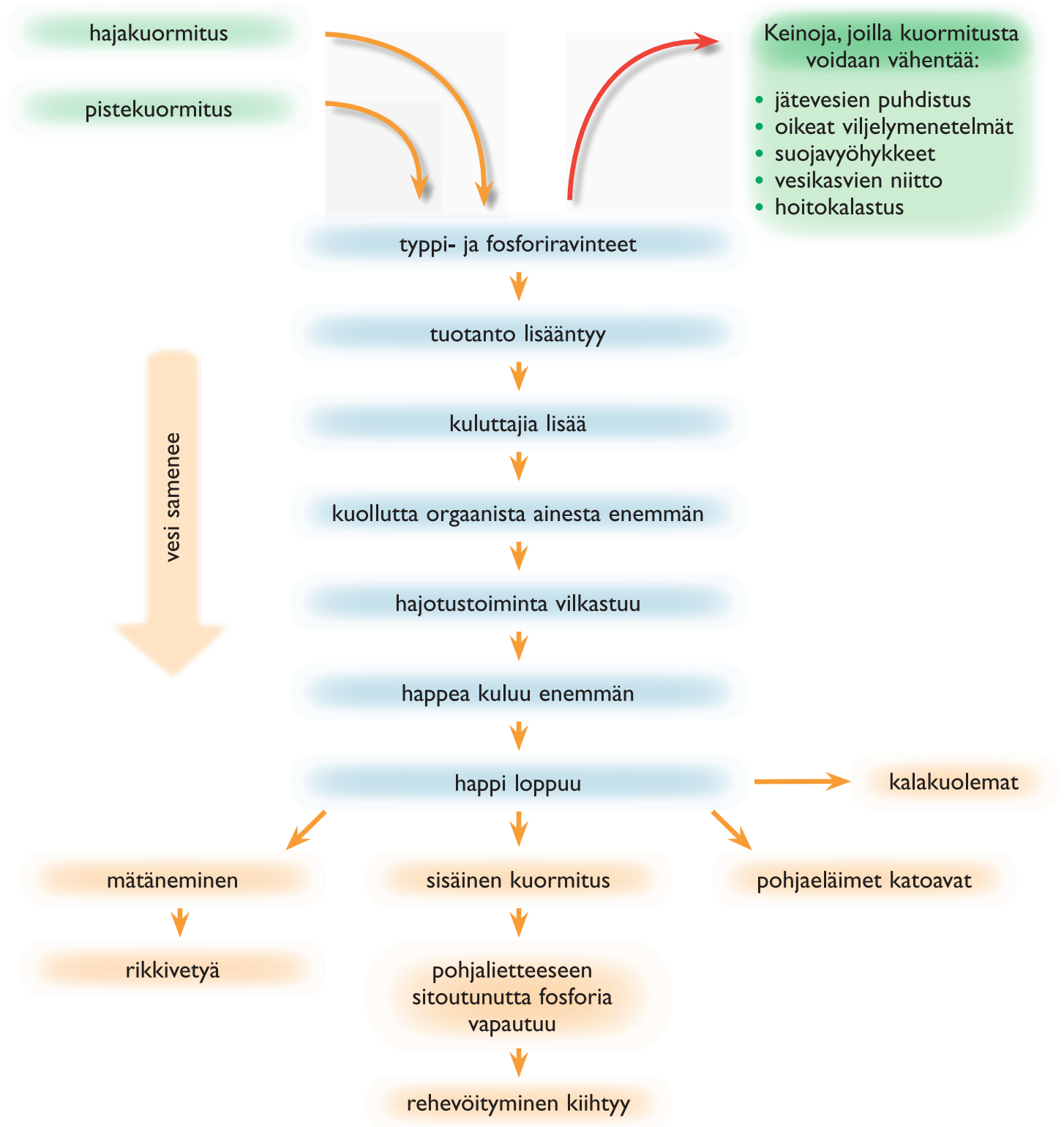
Hengityksessä ja muussa palamisessa syntyy hiilidioksidia, jota vapautuu ilmakehään. Sama hiili sitoutuu uudelleen fotosynteesissä sokereihin ja muihin orgaanisiin yhdisteisiin. Tämän niin sanotun nopean kierron ulkopuolelta ilmaan joutuu kuitenkin yhä enemmän hiilidioksidia hitaasta kierrosta, kun fossiilisia polttoaineita poltetaan. Teollisena aikana hiilidioksidin pitoisuus ilmassa on kasvanut alle kolmestasadasta miljoonasosasta neljäänsataan miljoonasosaan (0,03 % → 0,04 %). Suurelta osin juuri tämän seurausta on koko maapalloa koskeva ilmastonmuutos, jonka kaikkia vaikutuksia ei osata arvioida.



Rehevöityminen vesistöissä

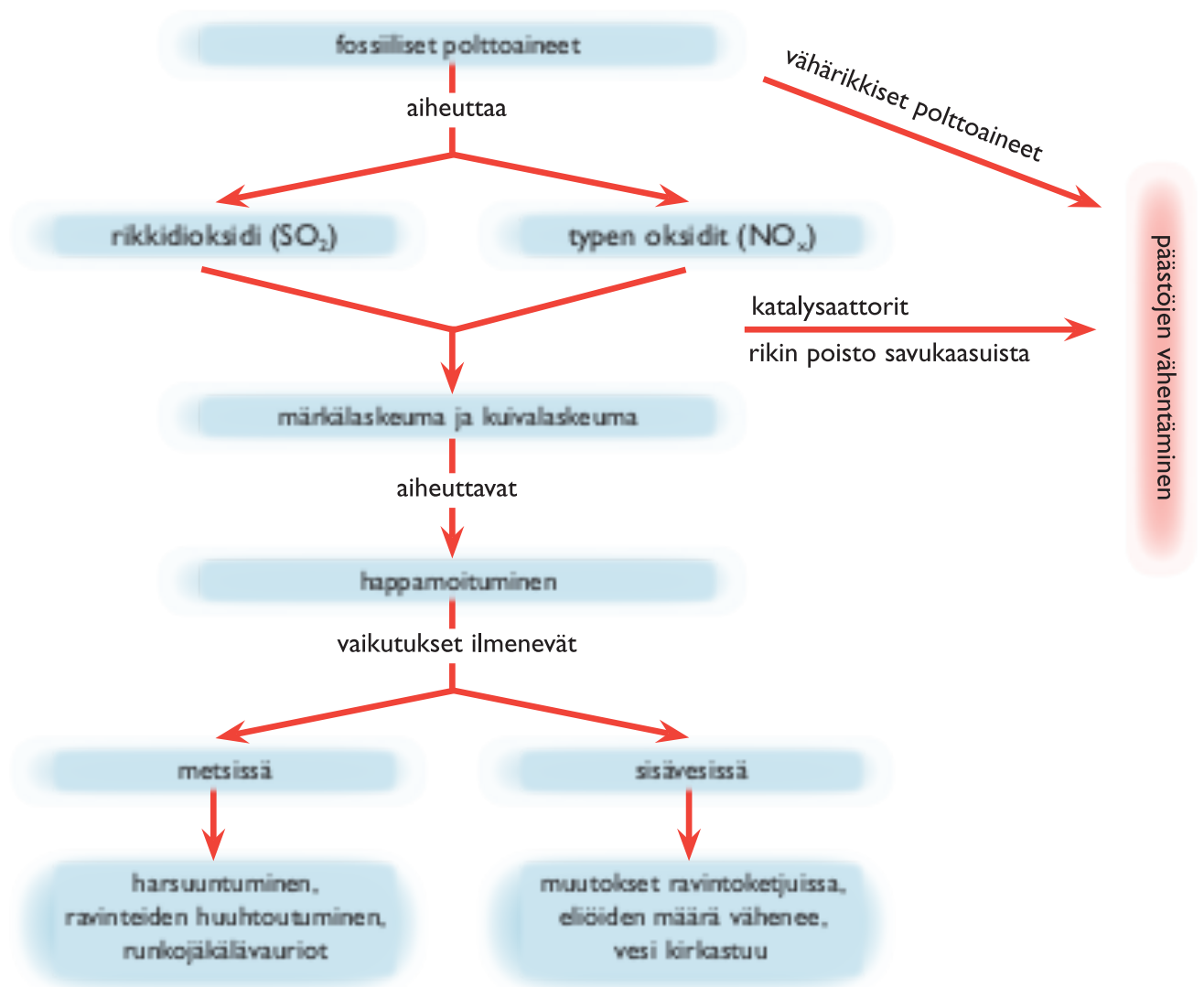
Typen ja fosfaattien lisääminen pelloille on lannoittamista eli ravinteiden lisäämistä, jolla parannetaan viljelykasvien kasvua. Vesissä ravinteiden lisääntyminen aiheuttaa kuitenkin rehevöitymistä, mikä on ongelmallinen tilanne. Typpi- ja fosforiravinteita pääsee pistekuormituksena vesistöihin yhdyskuntien ja maatalouden jätevesien mukana sekä hajakuormituksena maa- ja metsätaloudessa käytetyistä lannoitteista. Typpi ja fosfaatti ovat vesissä tuotantoa rajoittavia minimitekiöitä, joten rehevöityminen johtaa biologisen tuotannon lisääntymiseen. Rehevöitymisen bioindikaattoreita ovat syanobakteerien, levien ja limaskoiden runsastuminen.

Rehevöitymisen vaikutuksia vesiekosysteemissä



Happamoituminen

Fossiilisia polttoaineita poltettaessa ilmaan joutuu rikkidioksidia (SO_2) ja typen oksideja (NO_x), jotka reagoivat ilmassa olevan veden kanssa. Tällöin muodostuu rikki- ja typpihappoa. Nämä tulevat maahan happamana laskeumana, sateina tai kuivalaskeumana. Happamoituminen aiheuttaa ongelmia metsä- ja järviökosysteemeissä sekä ihmisen tekemissä marmori- ja teräsrakennelmissa.



Eliöihin kuulumattomat aineet ovat usein myrkkyjä

Ympäristömyrkyillä tarkoitetaan raskasmetalleja (esimerkiksi lyijy, elohopea) sekä eliöille haitallisia orgaanisia yhdisteitä (esim. DDT, PCB). Niiden vaikutukset ulottuvat yksittäisen eliön soluvaurioista ja sairastumisesta aina ravintoketjuihin ja kokonaisten ekosysteemien toimintahäiriöihin. Koska aineet ovat luonnolle vieraita, eliöt eivät pysty muuttamaan niitä aineenvaihdunnassaan vaarattomaan muotoon.

Ympäristömyrkyt

Myrkky	Vaikutuksia
elohopea (Hg)	ravintoketjuissa rikastuva hermomyrkky
kadmium (Cd)	eliöihin kertyvä syöpää aiheuttava aine (karsinogeeni)
lyijy (Pb)	eliöihin kertyvä hermomyrkky
DDT	ravintoketjuissa rikastuva, hyvin hitaasti hajoava myrkky
PCB	ravintoketjuissa rikastuva, lisääntymistä haittaava yhdiste
dioksiini	rasvakudokseen kertyvä, hitaasti hajoava supermyrkky
öljy	likaava, tahraava, syöpää aiheuttavia yhdisteitä sisältävä aine

Otsoni ja säteily

Otsonikato tarkoittaa yläilmakehässä esiintyvän ”hyvän” otsonin (O_3) määrän vähenemistä. Ns. ”pahalla” otsonilla tarkoitetaan alailmakehässä esiintyvää otsonia, joka vaurioittaa soluja ja on siksi haitallista eliöille. ”Hyvä” otsoni absorboi auringon säteilemää UV-säteilyä, joka on näkyvää valoa lyhytaaltoisempaa ja eliöille haitallista. Eliöt ovat sopeutuneet suojautumaan normaaleja säteilymääriä vastaan väriaineilla ja paksuuntuneilla pintasolukoilla tai -kudoksilla. Otsonikerroksen ohetessa maan pinnalle saapuvan UV-säteilyn määrä kuitenkin kasvaa.

Radioaktiiviset aineet ovat ionisoivan eli soluja vaurioittavan säteilyn lähteitä. Ionisoiva säteily voi olla hiukkasia tai lyhytaaltoista sähkömagneettista säteilyä. Esimerkiksi kallioperästä lähtöisin oleva radon on luonnon oma säteilylähde. Säteilyn vaikutukset ulottuvat solutasolta yksilöiden ja populaatioiden hyvinvointiin ja aina ekosysteemitasolle asti.

Haitallinen säteily

	UV-säteily	Muu ionisoiva säteily
säteilyn lähde	aurinko (UVB ja UVC)	pääosin luonnosta (α -, β - ja γ -säteilyä)
syy säteilyn lisääntymiseen	otsonikerroksen oheneminen	ydinkokeet, ydinaseet, ydinvoimalat, röntgenkuvaukset
vaikutukset soluun	vaurioittaa DNA:ta ja solujen rakenteita	vaurioittaa DNA:ta ja solurakenteita
vaikutukset yksilöön	sokeus, ihosyöpä (UVA ihmiselle tärkeää D-vitamiinin muodostumisessa)	mutaatiot, erilaiset syövät
ongelman poistaminen	CFC-yhdisteiden ja halonien päästöjen lopettaminen	tiukka valvonta

Kestävä kehitys on pyrkimystä parempaan tulevaisuuteen

Kestävä kehitys tarkoittaa, että nykyisen sukupolven on otettava kaikessa toiminnassaan huomioon tulevat sukupolvet. Kestävään kehitykseen eli kestävään tulevaisuuteen kuuluu neljä ulottuvuutta: ekologinen, kulttuurinen, sosiaalinen ja taloudellinen kestävyys.

Ihmisen toiminnan ympäristövaikutusten arvioimiseksi on kehitetty erilaisia tunnuslukuja. Niissä otetaan huomioon tuotteiden ja palveluiden koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset. Tavoitteena on löytää keinoja, joilla saadaan vähemmästä enemmän ja siten vähennetään haitallisia ympäristövaikutuksia. Tätä sanotaan ekotehokkuudeksi.

Kestävän kehityksen käsitteitä

ekologinen kapasiteetti	biologisesti tuottava alue / asukas
ekologinen jalanjälki	yksilön tai yhteisön kulutustarpeiden tyydyttämiseen tarvittava maa- ja vesialue
hiilijalanjälki	metsäala, joka tarvitaan sitomaan fossiilisten polttoaineiden poltosta aiheutuvat päästöt
ekologinen selkäreppu	tuotteen tai palvelun tuottamiseen, kuljetukseen, käyttöön ja käytöstä poistamiseen kuluneet luonnonvarat
ekotehokkuus	luonnonvarojen käytön tehostamista (vähemmästä enemmän)
MIPS (<i>material input per service unit</i>)	(tuotteen paino + ekologinen selkäreppu) / käyttökertojen määrä
ympäristömerkki	tuotteiden ympäristöystävällisyyden todistava merkki

TEHTÄVÄT

1. ”Vihreitä” käsitteitä

Selitä lyhyesti, mitä seuraavilla käsitteillä tarkoitetaan. (6 p)

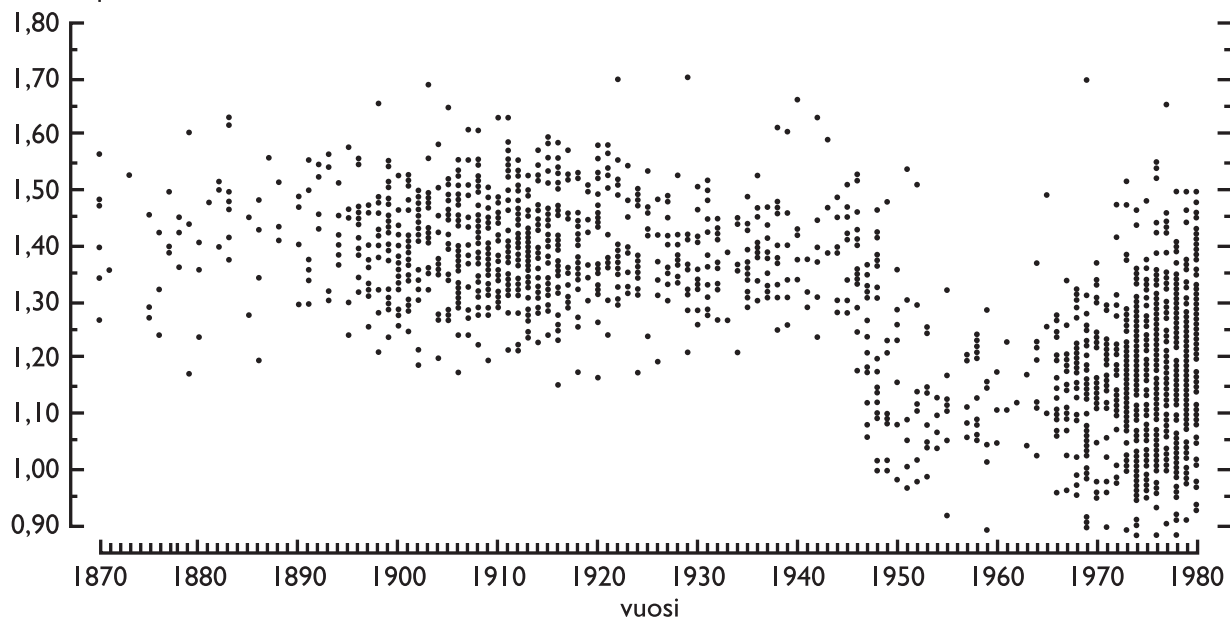
- | | |
|----------------------|-----------------|
| a. luonnonsuojelu | d. ekotehokkuus |
| b. ympäristönsuojelu | e. ekologia |
| c. kestävä kehitys | f. luomu |

2. Varpushaukan munat

Alla oleva diagrammi kuvaa varpushaukan munan kuoren paksuutta Englannissa noin sadan vuoden aikana. Kukin piste vastaa yhden munapeseen keskiarvoa. 1940-luvun lopulla varpushaukan populaatiot alkoivat pienentyä ja romahtivat 1960-luvulla lähes kokonaan, mutta alkoivat jälleen myöhemmin elpyä. Haukan tärkeää ravintoa on ollut tutkimusalueella talitiainen, mutta sen populaatioissa ja munan kuoren paksuudessa ei tapahtunut muutoksia vastaavana aikana.

- Tulkitse ja analysoi diagrammia. (2 p)
- Miten selität kuvassa havaittavan munankuoren paksuuden ajallisen vaihtelun? (2 p)
- Miksi talitiaisen munankuoren paksuudessa ei tapahtunut vastaavia muutoksia? (2 p)

kuorenpaksuusindeksi



3. Öljy

Öljy ympäristöongelmana.

yo s-06

4. Happamoituminen

Saat tehtäväksesi selvittää, johtuvatko ympäristössä havaitut muutokset happamoitumisesta. Millaisin menetelmin tutkisit mahdollista happamoitumista

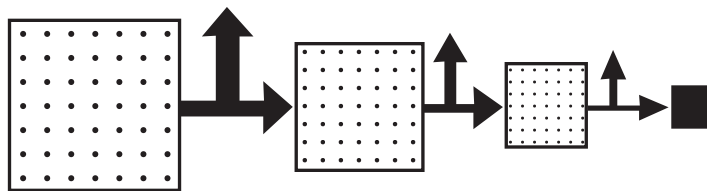
yo k-II

- metsissä,
- järvissä?

5. Ravintoketjun ympäristömyrkyt

Selitä kuvaa apuna käyttäen, mitä merkitsevät seuraavat käsitteet ja miten ne liittyvät toisiinsa. Mainitse jokaisesta esimerkki. (6 p)

- kertyminen eliöihin
- rikastuminen ravintoketjuissa
- huippupeto

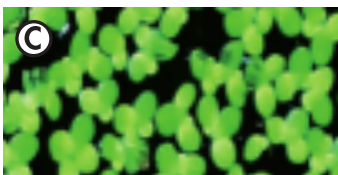
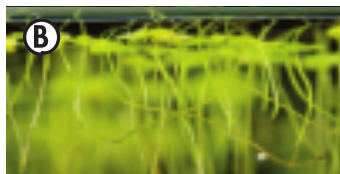
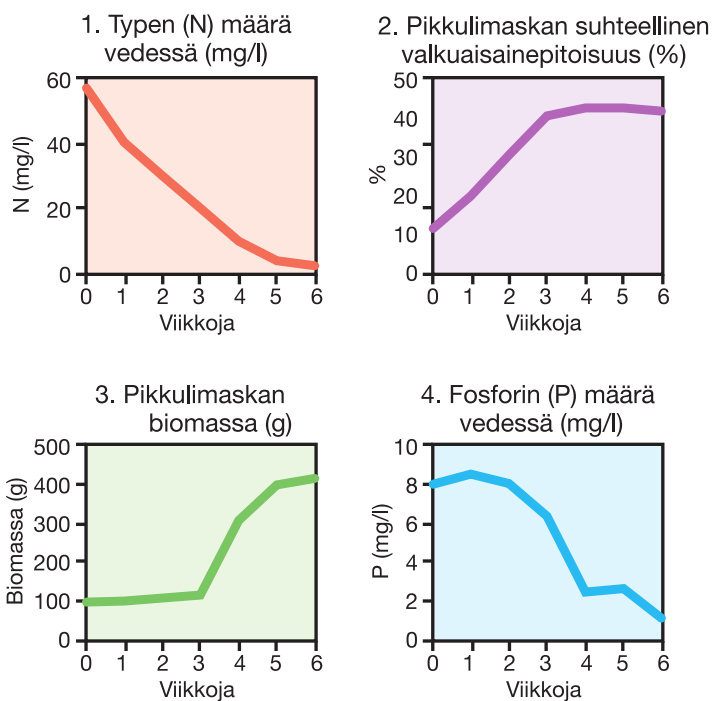


6. Biopuhdistus



Pikkulimaska (*Lemna minor*) on makean veden irtokelluja, joka suosii rehevöityneitä elinympäristöjä (kuva A, lammikko Lounais-Suomessa). Tehokas ravinteiden otto juurimaisten rihmojen (kuva B) avulla sekä tehokas yhteyttäminen kolmen lehden avulla (kuva C) takaavat runsaan biomassan, etenkin valkuaisaineiden, tuotannon. Kotiakvaariossa pikkulimaska estää tehokkaasti levien kasvua.

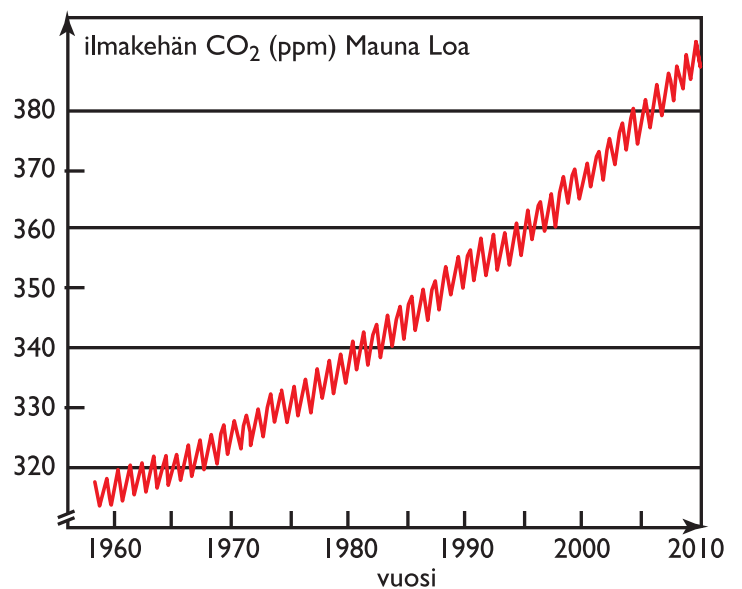
- Miten kuvaajat (1–4) osoittavat pikkulimaskalle ominaisen nopean kasvun ja valkuaisainetuotannon? (2 p)
- Miksi pikkulimaska estää akvaariossa levien kasvua? (2 p)
- Miksi pikkulimaskaa voidaan käyttää rehevöityneiden vesistöjen tehokkaana biopuhdistajana? (2 p)



7. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden muutokset

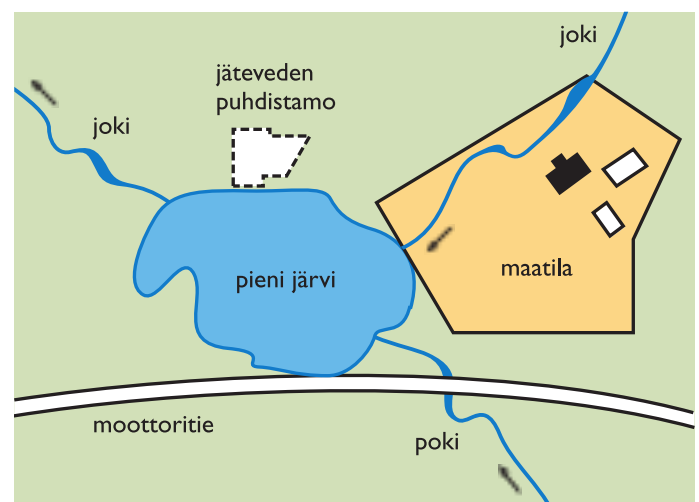
Kuvaaja esittää ilmakehästä mitattuja hiilidioksidipitoisuuksia Havaijin Mauna Loa -tulivuorella vuosina 1958–2010. Kuvaaja tunnetaan tekijänsä mukaan ”Keelingin käyränä”. (Merkintä ppm tarkoittaa miljoonasosia eli ”parts per million”.)

- Miksi käyrässä näkyy edestakaista ”sahaamista”? (1 p)
- Miten ilman hiilidioksidipitoisuuden kasvu vaikuttaa ilmakehässä? (1 p)
- Mitä seurausvaikutuksia tästä on maapallon biomeille ja kasvillisuusvyöhykkeille? (2 p)
- Mitä vaikutuksia muutoksella on eliöstölle? (2 p)



8. Pienen järven ekosysteemi

- Mitä päästöjä oheiselle kartalle merkityistä lähteistä voi joutua järveen? (2 p)
- Mitä vaikutuksia niillä voi olla järven ekosysteemiin? (4 p)



+9. Tehtaan ympäristön jäkälät

Harvaan asutulla seudulla on tehdas, jonka ilmaan päästämissä savukaasuissa on runsaasti rikkiä. Oheisessa taulukossa on eri suuntiin tehtaasta mitattuja rikkidioksidin ja jäkälälajien määriä.

- Laadi graafinen esitys, jonka avulla havainnollistat rikkidioksidin ja jäkälän määrien suhdetta. Voit piirtää eri suunnista saadut tulokset samaan ruudukkoon, kun käytät eri värejä. (2 p)
- Selitä eri suuntiin tehtyjen mittauksien tuloksissa ilmenevät erot. Miksi tutkimuksessa käytettiin jäkälää? (3 p)
- Selvitä teollisuusmelanismi-käsitteen avulla, miten luonnonvalinta toimii eliöissä taulukon ja diagrammin kuvaamassa tilanteessa. (4 p)

lounaaseen

etäisyys tehtaasta (km)	1	2	4	8	12	16	28
jäkälälajien määrä	0	1	2	3	7	9	14
SO ₂ -pitoisuus (ppm)	28	27	26	23	19,5	16	2
tummat korsiyökköset (%)	80	78	75	74	55	40	15
vaaleat korsiyökköset (%)	20	22	25	26	45	60	85

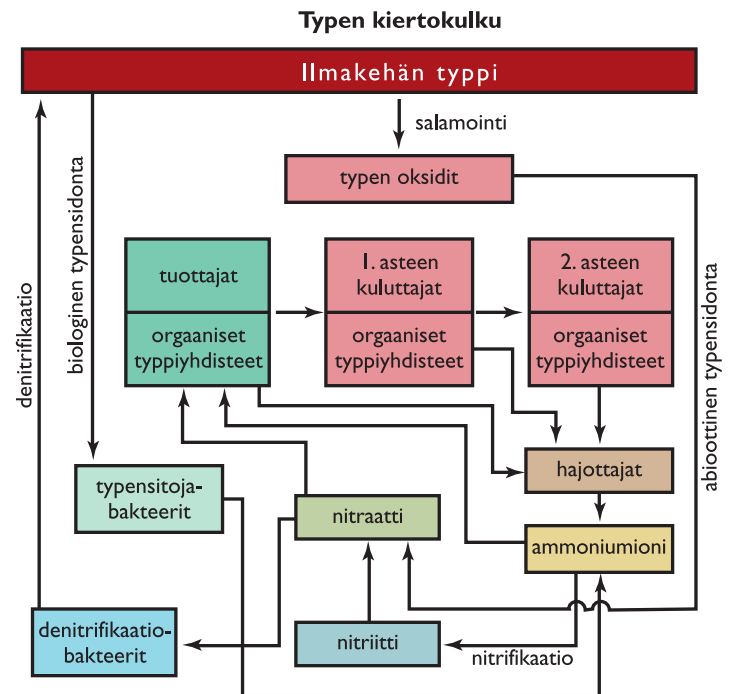
koilliseen

etäisyys tehtaasta (km)	1	2	4	8	12	16	28
jäkälälajien määrä	1	2	3	4	4	5	5
SO ₂ -pitoisuus (ppm)	27	26,5	25	24	23	22	19
tummat korsiyökköset (%)	80	75	70	60	50	45	40
vaaleat korsiyökköset (%)	20	25	30	40	50	55	60

+10. Typen monivaiheinen kierto

Tutki typen kiertoa kuvaavaa piirrosta ja vastaa seuraaviin kysymyksiin.

- Mihin eliöt tarvitsevat typpeä? (1 p)
- Ilmakehässä on paljon typpeä. Millä eri tavoin eliöt saavat ilmakehän typpeä käyttöönsä? (2 p)
- Miten ihminen on muuttanut typen kiertoa? (3 p)
- Miten ihmisen toimintoja pitäisi korjata, jotta typen kierron haitat saataisiin vähenemään? (3 p)



+11. Fosfaattiyhdisteet

yo k-07

Soluissa ja eliöissä on useita solun toiminnan kannalta tärkeitä fosfaattiyhdisteitä. Toisaalta fosfaattiyhdisteet aiheuttavat ongelmia vesiekosysteemeissä. Selvitä vastauksessasi fosfaattiyhdisteiden merkitystä. (9 p)

+12 Bioindikaattorit

yo k-08

Bioindikaattorit ovat ympäristömuutosten ilmaisijoita. Selvitä esimerkein, miten ja mihin perustuen indikaattorit osoittavat ilman laadun muutoksia, vesien happamoitumista sekä vesistöjen rehevöitymistä. (9 p.)

+13 Säteilyn vaikutuksia

yo s-12

Näkyvää valoa lyhytaaltoisemman säteilyn vaikutukset eliöihin. (9 p)

Ihminen pystyy sopeutumaan monenlaisiin olosuhteisiin

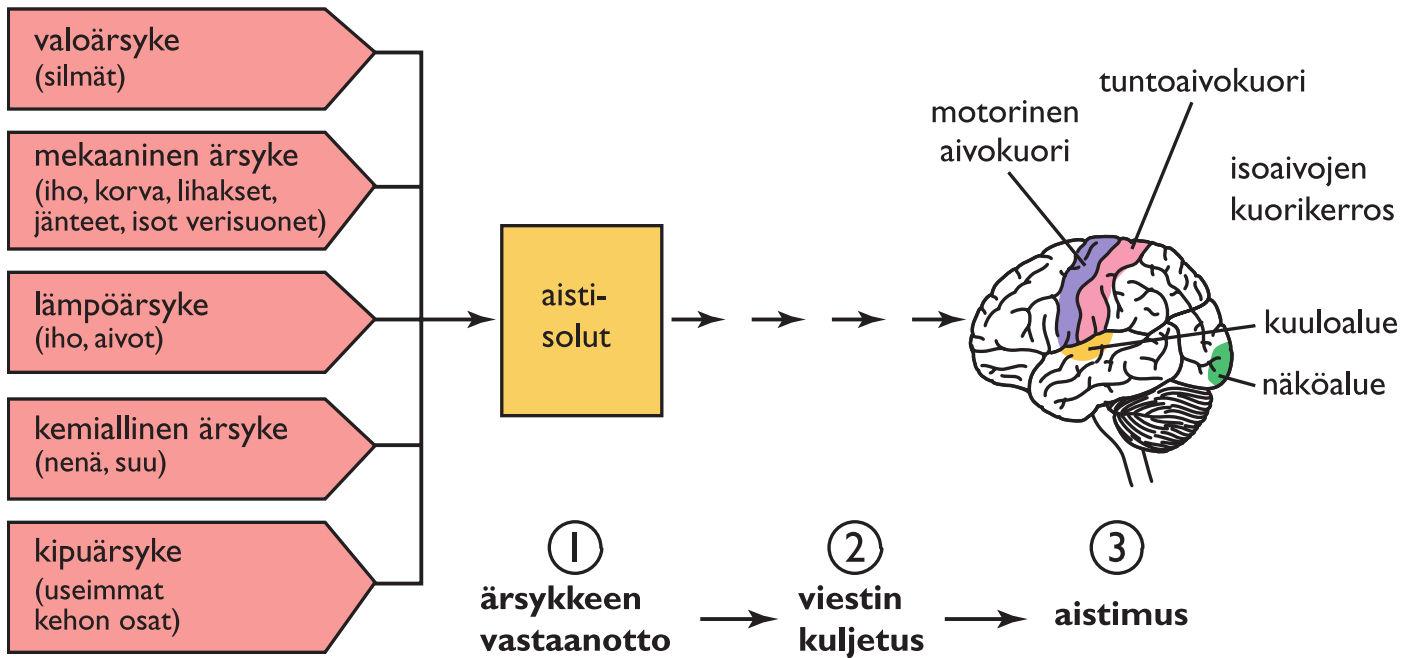
Ihmisen alkukoti on Afrikan savanneilla. Hyvän sopeutumiskykynsä avulla ihminen on laajentanut elinalueitaan ja levittäytynyt kaikkialle maapallolla. Evoluution kuluessa ihmisen karvapeite on lähes hävinnyt, eivätkä vähät karvat suojaa riittävästi kylmyydeltä. Siksi kylmältä suojaudutaankin pukeutumalla lämpimästi. Monipuolisten aistien avulla ihminen on sopeutunut ympäristöönsä. Aistien avulla ihminen saa tietoa ympäristöstään ja elimistönsä sisäisestä tilasta. Aistien antaman informaation perusteella hermosto ohjaa ja säätelee elintoimintoja.

Aistielimet auttavat sopeutumaan

Ihmisen aistielimet ottavat vastaan erilaisia ärsyksiä sekä elimistön sisältä että ulkopuolelta. Aistielimissä sijaitsevat aistisolut muuttavat ärsykkeet hermoimpulsseiksi, jotka kulkevat peräkkäisten hermosolujen muodostamaa aistirataa pitkin isoaivojen kuorikerroksen aisti-alueille tai aivojen muihin osiin tulkittaviksi. Esimerkiksi näköaistialue sijaitsee isoaivojen takaraivolohkossa. Varsinaiset aistimukset syntyvät siis vasta aivoissa. Aistit välittävät elintärkeitä tietoja ympäristöstä, ja näiden tietojen avulla ihminen sopeutuu kulloinkin vallitseviin olosuhteisiin. Sisäiset aistit, jotka välittävät tietoja elimistön tilasta, auttavat ylläpitämään elimistön tasapainotilaa eli homeostasiasiaa.

Osa aivoihin saapuvista viesteistä saa aikaan toiminnan muutoksen eli vasteen. Aistit reagoivat erityisesti ärsykkeiden voimakkuuden muutoksiin. Aistit tottuvat eli adaptoituvat samanlaisena jatkuvaan ärsytykseen. Esimerkiksi hajuaisti mukautuu helposti. Aivot myös työstävät saamaansa informaatiota esimerkiksi vertaamalla aistien lähettämää informaatiota muistikuviin, kokemuksiin ja odotuksiin.

Aistimuksen synty



1. Aistisolujen reseptorit ottavat ärsykkeen vastaan. Ärsyke muuttuu hermoimpulssiksi.

2. Aistisoluista keskushermostoon kulkevaa hermosolujen ketjua kutsutaan aistiradaksi. Pään alueelta tulevat aistiradat siirtävät impulssin suoraan aivoihin, muut radat kulkevat selkäytimen kautta.

3. Aistimukset syntyvät isoaivojen kuorikerroksessa. Tuntoaivokuori ottaa vastaan tuntoimpulsseja. Motorinen eli liikeaivokuori puolestaan saa aikaan lihasten liikkeitä.

Kuulo- ja tasapainoaisti

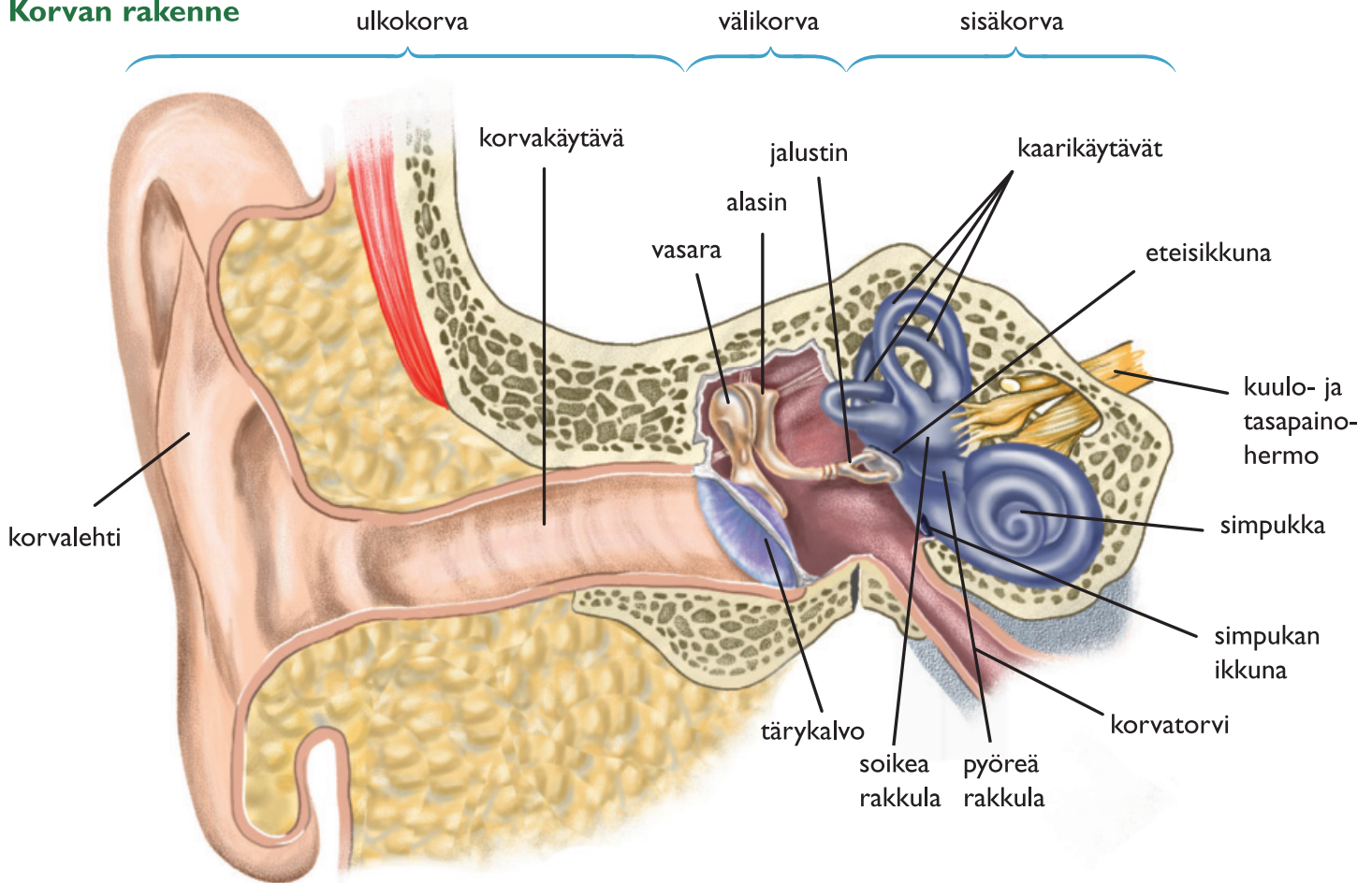
- äänen taajuus ja äänen korkeus (hertsi, Hz)
- äänen voimakkuus (desibeli, dB)

Kuuloaisti on välttämätön puheen oppimisessa. Puheella on tärkeä merkitys ihmisten välisessä viestinnässä ja ihmiskunnan kulttuurin kehittämisessä. Korva on erikoistunut ottamaan vastaan taajuudeltaan ja voimakkuudeltaan erilaisia ääniaaltoja. Ääniaallot ohjautuvat korvakäytävän kautta tärykalvolle, josta värähtely siirtyy kuuloluihin. Kuuloluiden kautta värähtely siirtyy sisäkorvan simpukassa olevaan nesteeseen. Nesteen aaltoliike liikuttaa simpukan kalvoja, mikä aiheuttaa mekaanisen ärsytyksen ja edelleen hermoimpulssin syntymisen kuuloaistisoluihin.

Kehon liikkeiden ja asennon aistimiseen tarvitaan aistien yhteistyötä. Pään liikkeitä ja asentoa aistivat solut ovat sisäkorvan kaaritiehyissä ja rakkuloissa. Tasapainon ylläpidossa tarvitaan lisäksi näköais-

tin sekä lihaksissa ja nivelissä sijaitsevien aistisolujen välittämää tietoa. Lihaksissa ja nivelissä olevat aistisolut välittävät aivoille tietoa raajojen asennoista ja liikkeistä.

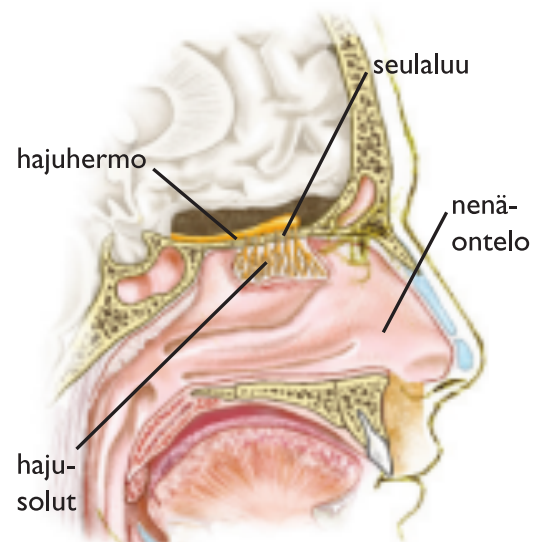
Korvan rakenne



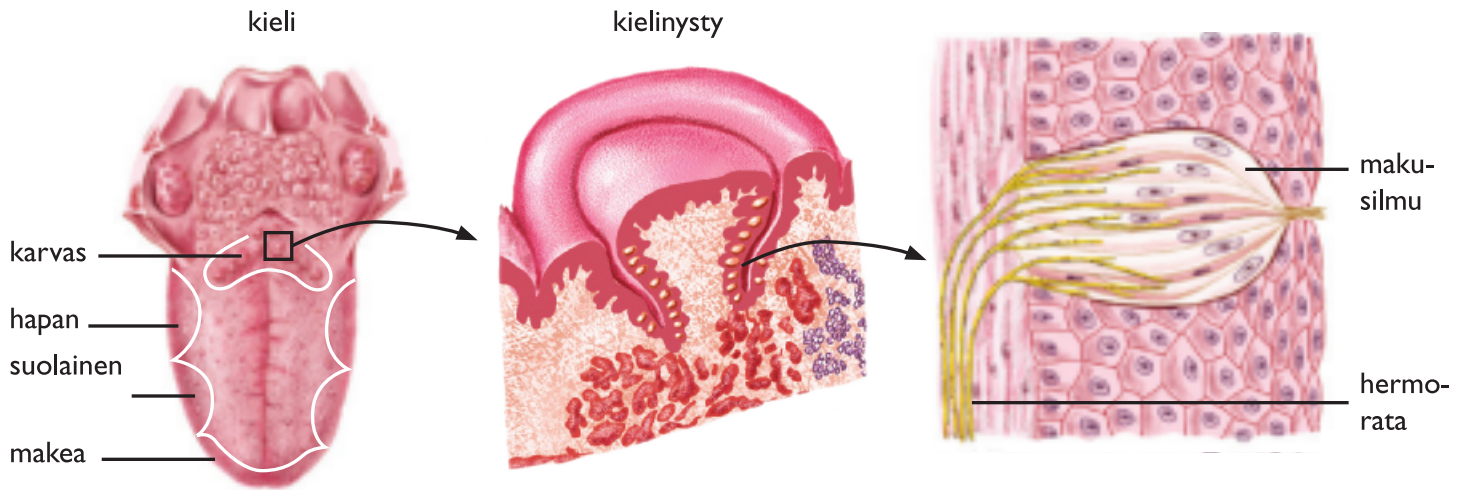
Haju- ja makuaisti

Haju- ja makuaisti ottavat vastaan kemiallisia ärsykeitä. Makuaistimus syntyy maku- ja hajuaistin yhteisvaikutuksesta.

- Hajuaisti on kemiallinen kaukoaisti. Hengitysilman mukana tulevat molekyylit ärsyttävät hajusolujen reseptoreja.
- Hajusolujen haarakkeiden ja hajuhermon kautta hermoimpulssit kulkevat isoaivojen kuoren hajualueelle.
- Hajuaistimus syntyy hajualueella.



Makuaisti



Makua aistivat solut sijaitsevat eri puolilla kieltä olevien kielinystyjen makusilmuissa. Kullakin perusmaulla on sille herkin alueensa kielen pinnassa. Umamin reseptoreita on ilmeisesti hajallaan ympäri kielen yläpintaa.

Näköaisti

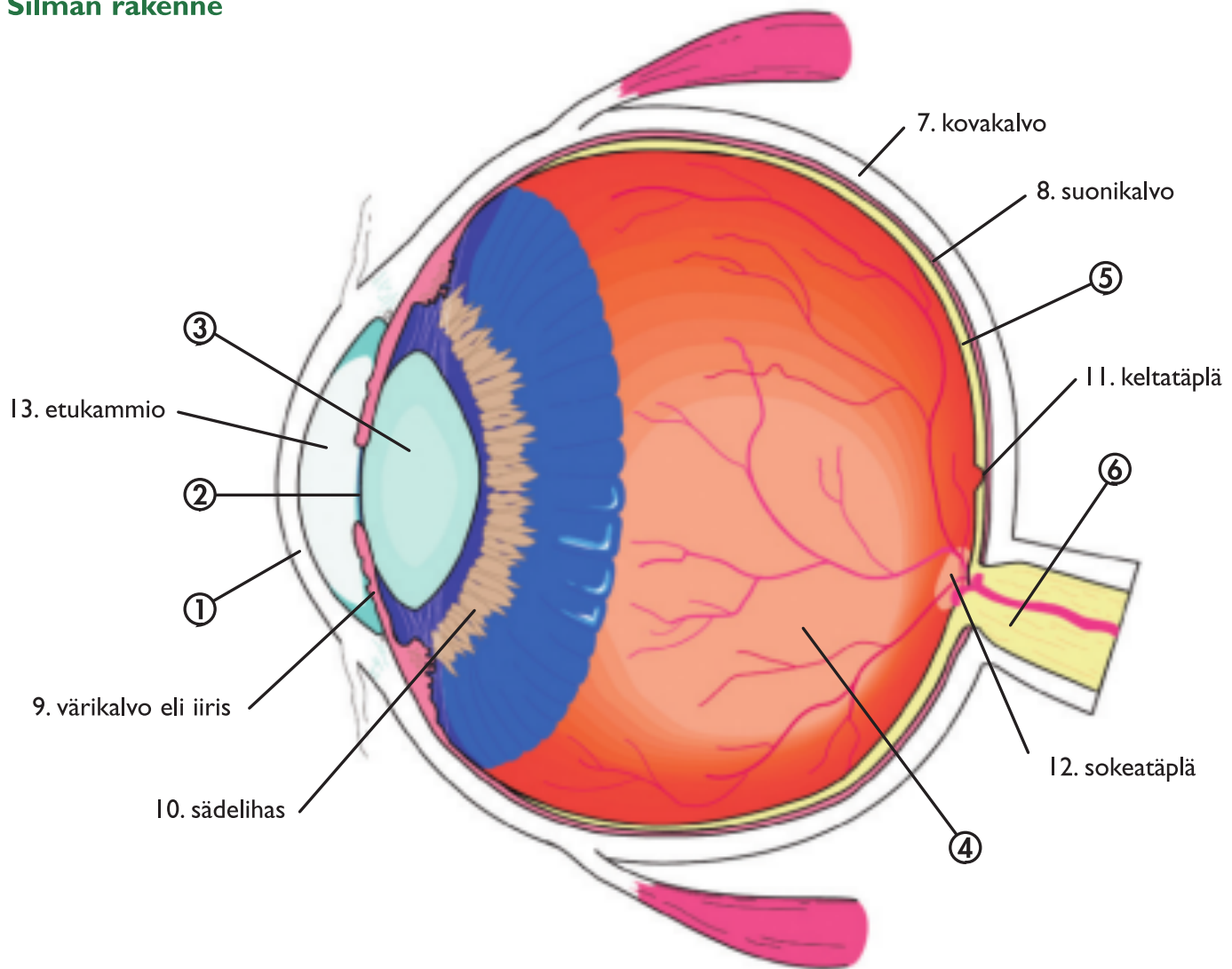
- näkyvän valon aallonpituudet
- katseen tarkentaminen lähelle ja kauas (silmän mukautumiskyky)
- värien näkeminen hämärässä ja valossa
- kolmiulotteinen näkeminen
- punavihersokeus

Näköaisti

Näköaistin avulla ihminen saa eniten tietoa ympäristöstään. Näköaistisolut sijaitsevat silmän takaosassa sijaitsevalla verkkokalvolla. Näköaistisoluja on kahdenlaisia: sauvoja ja tappeja. Värien näkeminen perustuu tappisolujen toimintaan. Tappisoluja on kolmea eri tyyppiä. Ne ovat herkkiä valon eri aallonpituuksille. Kukin tappityyppi imee itseensä herkimmin tiettyä valon aallonpituutta, ja aivot saavat näiden yhteisvaikutuksena impulsseja, joiden perusteella aistimme värisävyjä.

Hämrässä näkeminen perustuu sauvasoluissa tapahtuvaan näköpigmentin muodostumiseen. Opsiinista ja retinaalista syntyy rodopsiinia eli näköpurppuraa. Lisäksi hämrässä pupillit laajenevat, jolloin valoa pääsee enemmän verkkokalvolle.

Silmän rakenne



Näköaistimuksen syntyminen

1. Sarveiskalvo

Valonsäteet saapuvat silmän sarveiskalvolle, joka taittaa valoa.

2. Pupilli

Pupilli säätelee silmään tulevan valon määrää.

3. Linssi

Linssi taittaa valonsäteitä. Linssin kuperuus muuttuu sädelihaksen supistuessa. Kaukana olevaa kohdetta katsottaessa silmän sädelihas venyttyy ja ripustimet kiristyvät. Linssi litistyy, ja valonsäteet taittuvat vain

vähän kulkiessaan sen läpi. Lähelle katsottaessa silmän sädelihas supistuu ja ripustimet löystyvät. Linssi tulee kuperammaksi ja valonsäteet taittuvat voimakkaasti.

4. Lasiainen

Lasiainen ylläpitää silmänmuotoa.

5. Verkkokalvo

Kuva kohteesta taittuu ylösalaisin verkkokalvolle. Siellä sijaitsevat valolle herkäät aistisolut, sauvat ja tapit. Valo saa aistisoluihin aikaan näköpig-

mentin hajoamisen, joka aiheuttaa hermoimpulssin synnyn.

6. Näköhermo

Näköhermo siirtää impulsseja iso-aivojen näköalueelle.

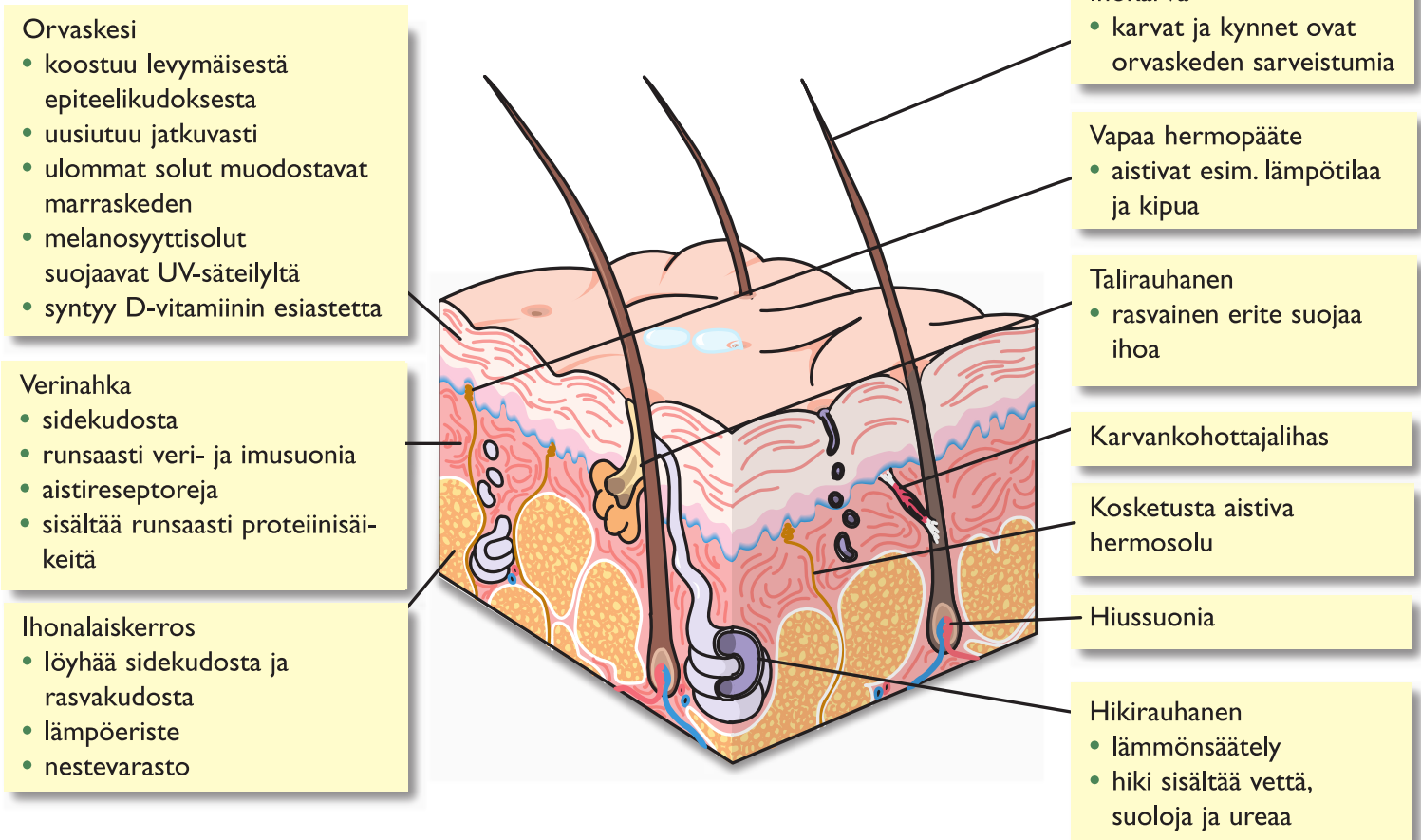
Näköalue iso-aivojen taka- raivolohkossa

Näköaistimus syntyy iso-aivojen näköalueella. Molemmista silmistä tuleva informaatio yhdistetään, kuva käännetään oikein päin ja korjataan. Lopulliseen aistimukseen vaikuttavat myös yksilön kokemukset.

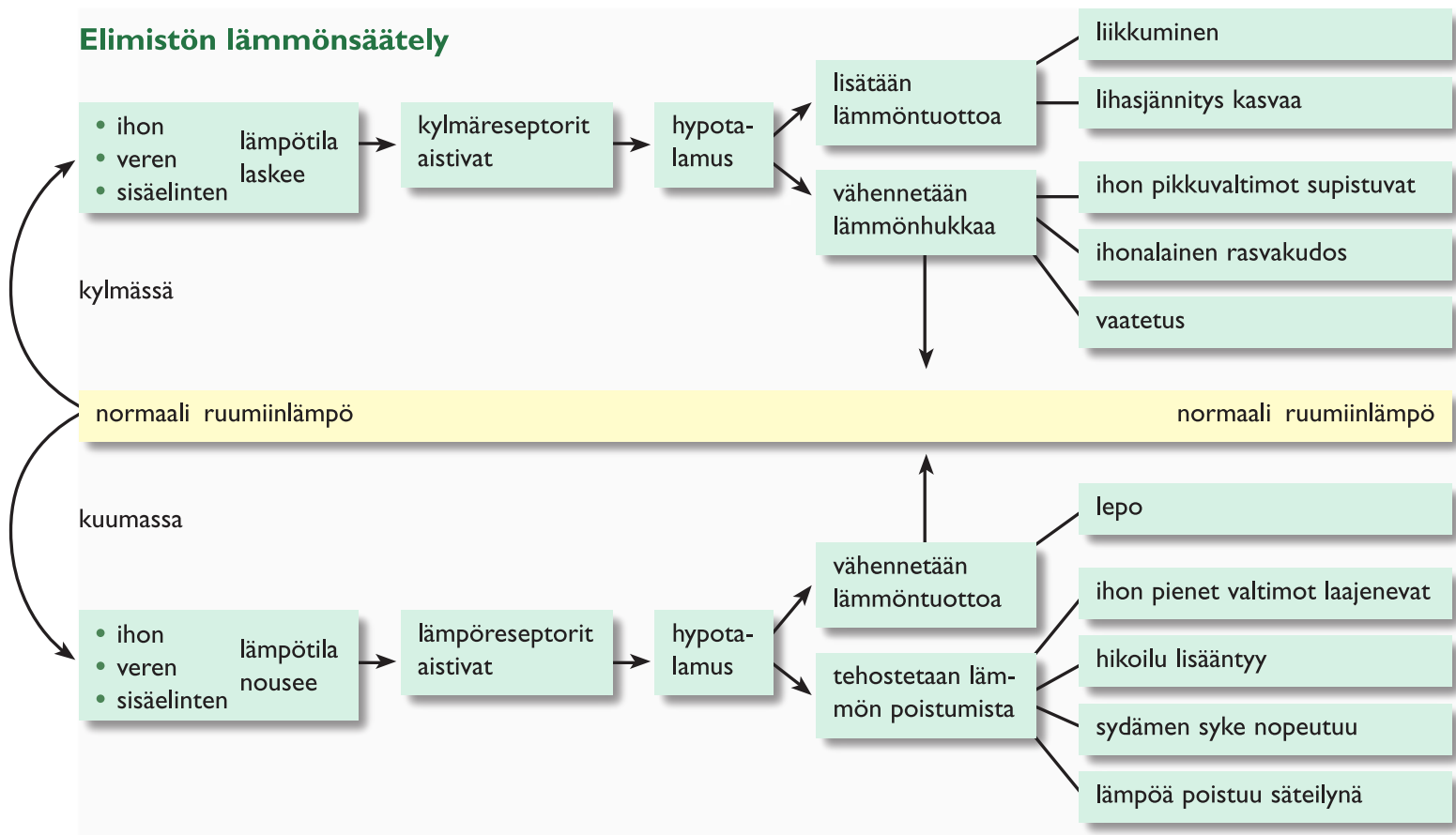
Iho on ihmisen suurin elin

Iho suojaa elimistöä erilaisilta fysikaalisilta ja kemiallisilta tekijöiltä. Se on myös tärkeä aistielin, jolla aistitaan painetta, kosketusta, kipua sekä lämpötilan vaihteluja. Iho on lisäksi rasvan ja nesteen varasto sekä lämmönsäätely- ja erityselin. Ihon happamuus ja sen hyvänlaatuiset bakteerit estävät haitallisten bakteerien kasvua.

Ihon rakenne ja tehtävät



Ihminen on muiden nisäkkäiden sekä lintujen tapaan tasalämpöinen eläin. Ihmiselimistön sisälämpötila on noin 37 astetta riippumatta ympäristön lämpötilasta. Elimistön lämpötilaa säätelee väliaivojen pohjassa sijaitseva hypothalamus. Ihon, verisuonten seinämien ja sisäelinten reseptorit lähettävät tietoa hypothalamukselle, ja se käynnistää mekanismeja, joiden vaikutuksesta elimistön lämpötilaa saadaan tarpeen mukaan nostettua tai laskettua.

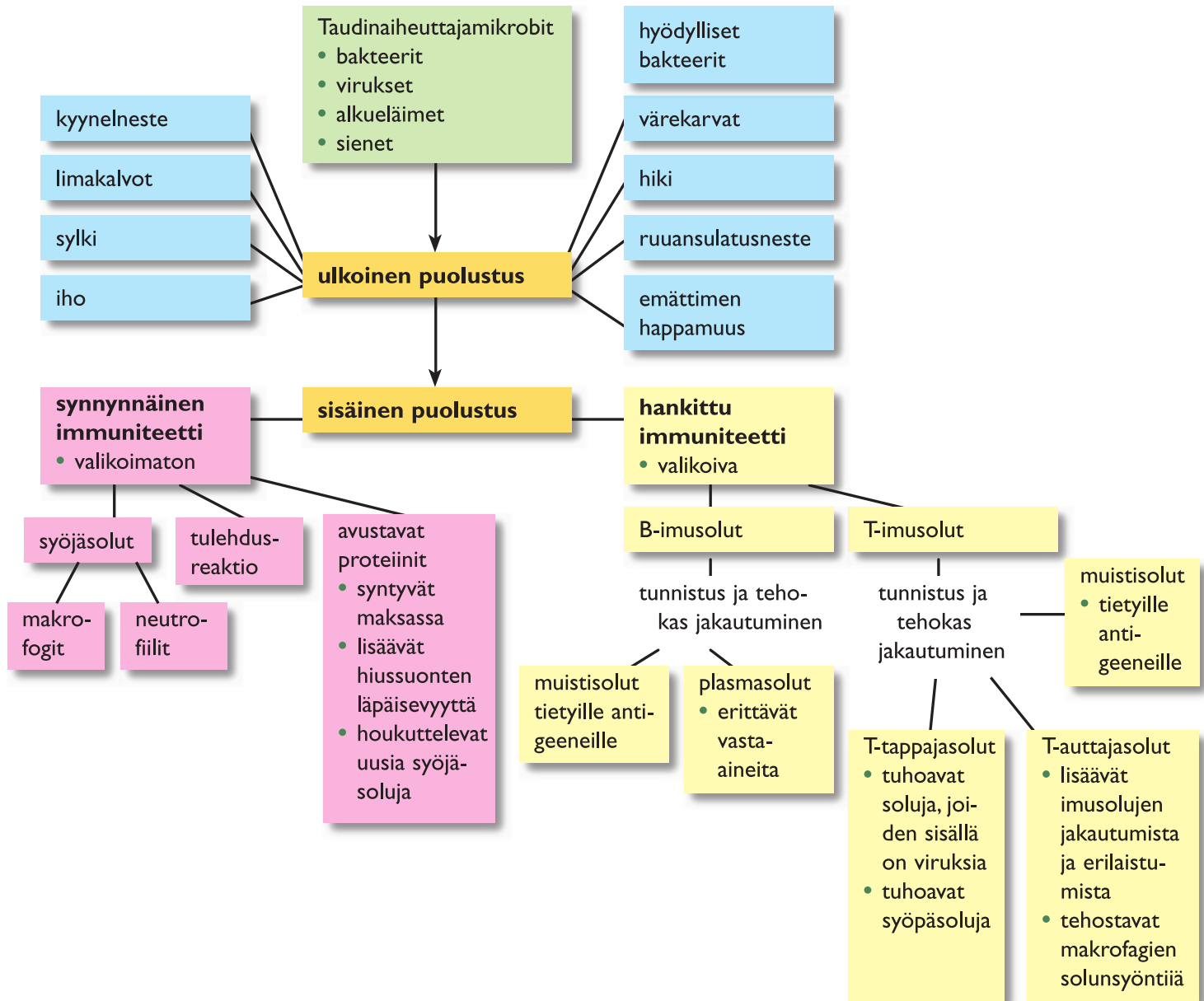


Elimistö puolustautuu mikrobeja vastaan

Ihminen kohtaa jatkuvasti lukuisia haitallisia mikrobeja, joita vastaan elimistö puolustautuu. Ulkoiseen puolustukseen kuuluvat iho, limakalvot, kyynelneste, hiki, ruuansulatusneste, emättimen happamuus, värekarvat ja sylki. Vaikka mikrobien on vaikea päästä ulkoisen puolustuksen läpi, joskus mikrobit onnistuvat läpäisemään sen. Tällöin tarvitaan sisäistä puolustusta, johon kuuluvat synnynnäinen ja hankittu immunitetti. Sisäinen puolustus perustuu valkosolujen toimintaan. Niiden reaktioita taudinaiheuttajiin kutsutaan immuunivasteeksi.

Elimistölle vieraita aineita tai niiden osia, jotka saavat aikaan immuunivasteen, kutsutaan antigeeneiksi. Joissain tilanteissa puolustusjärjestelmä ei toimi tarkoituksenmukaisesti. Tällaisia ovat esimerkiksi allergiat, autoimmuunisairaudet ja hylkimisreaktiot kudoksen ja elinsiirroissa.

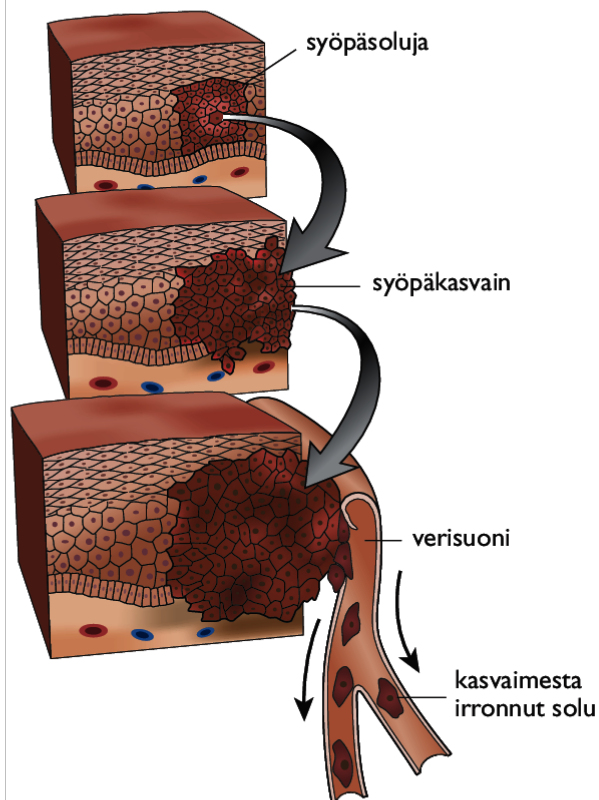
Elimistön puolustautuminen



Rokotus perustuu elimistön immunologiseen muistiin

Rokotteiden avulla osa tartuntataudeista (esimerkiksi isorokko) on saatu häviämään kokonaan väestöstä. Rokottamisen tavoitteena on saada aikaan vastustuskyky eli immuniteetti tiettyä sairautta vastaan. Rokottaminen eli aktiivinen immunisaatio perustuu siihen, että elimistöön ruiskutetaan tapettua tai heikennettyä taudinaiheuttajaa tai sen osaa. Tämä käynnistää kehon omat puolustusmekanismit. B-imusolut tunnistavat rokotteessa käytetyn antigeenin ja käynnistävät vasta-aineen tuotannon plasmasolujen avulla. B-imusoluista muodostuu myös muistisoluja, jotka ovat valmiina tuottamaan nopeasti vasta-aineita, kun taudinaiheuttaja tunkeutuu seuraavan kerran elimistöön. Elimistöön voidaan ruiskuttaa myös valmista vasta-ainetta. Tämä passiivinen immunisaatio ei ole pysyvä.

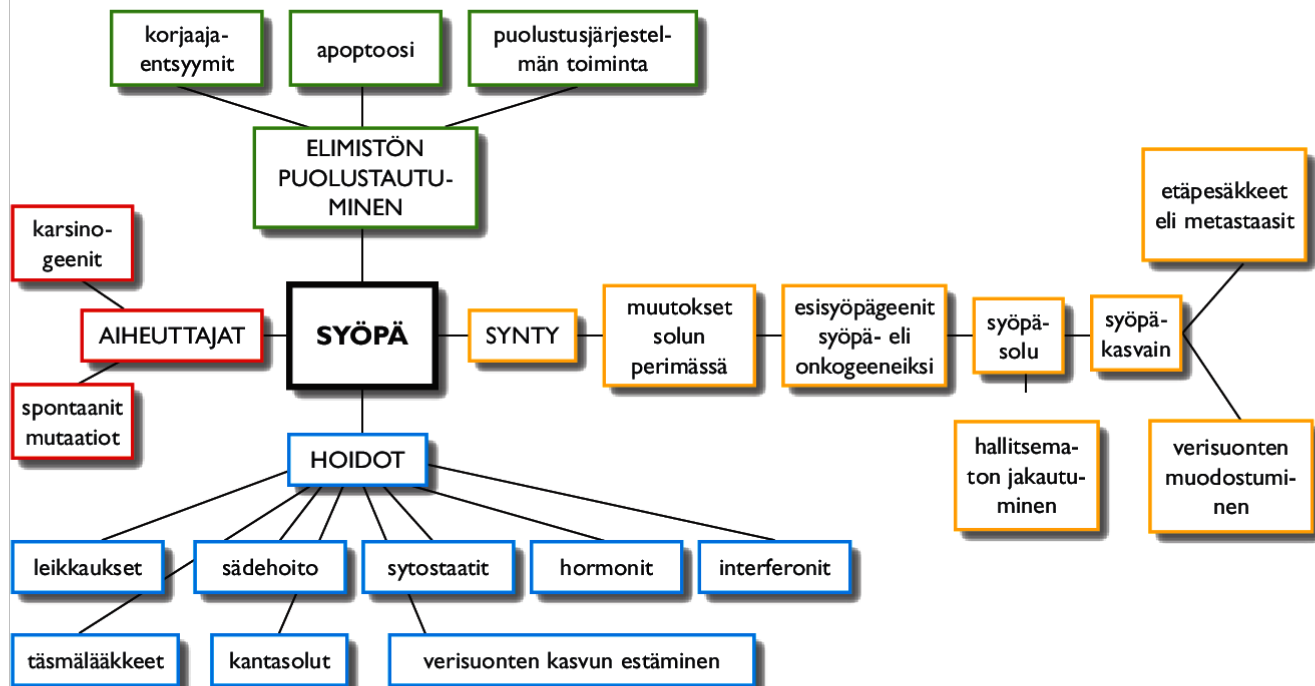
Syöpäkasvaimen ja etäpesäkkeiden synty



Syöpä on solujen viestinnän häiriö

Syöpä on teollistuneissa maissa yleinen sairaus. Syövän kehittyminen on yleensä hidas tapahtumasarja. Kaikissa syöpätyypeissä solut alkavat jakautua hallitsemattomasti. Tämä johtuu solujen jakautumista säätelevän viestinnän häiriöistä. Häiriö voi syntyä spontaanisti, tai sen voivat aiheuttaa syöpää aiheuttavat tekijät eli karsinogeenit.

Karsinogeeneja ovat esimerkiksi ionisoiva säteily, asbesti, dioksiinit, asetaldehydi, monet tupakansavun sisältämät aineet, jotkin sienten ja kasvien tuottamat aineet sekä jotkin virukset.



TEHTÄVÄT

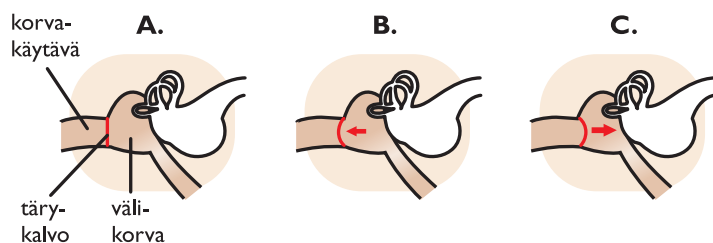
I. Kuuloaistimuksen syntyminen

a. Täydennä taulukkoon kohdat 1–7. (3 p)

Korvan osa	Merkitys kuuloaistimuksen synnyssä
Korvalehti	1.
2.	Ääniaallot siirtyvät ilmassa eteenpäin.
Tärykalvo	3.
4.	Ääniaallot siirtyvät mekaanisena värähtelynä.
Simpukka	5.
Kuulohermo	6.
7.	Kuuloaistimus syntyy.

b. Selitä, missä tilanteissa paine vaikuttaa tärykalvoon kuvien A–C osoittamilla tavoilla. (1 p)

c. Miten nuha vaikuttaa B- ja C-kuvien esittämissä tilanteissa? (1 p)



d. Mitkä tekijät heikentävät kuuloa? (1 p)

2. Sauva- ja tappisolujen toiminta sekä näköaistin ongelmia

a. Selitä diagrammin A ja kuvan B avulla, miten sauva- ja tappisolut toimivat. (1 p)

b. Mihin perustuu se, että hämärässä kaikki näyttää harmaalta? (1 p)

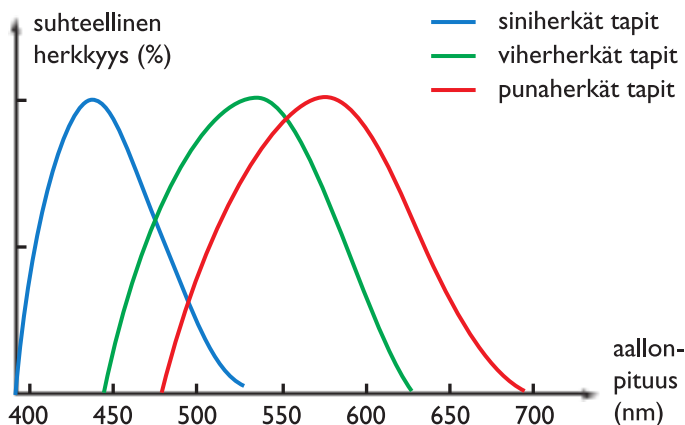
c. Millaisia verkkokalvon kohtia ovat keltatäplä ja sokeatäplä? (1 p)

d. Selitä, mistä seuraavat näkemiseen liittyvät ongelmat johtuvat, ja miten niitä voidaan korjata:

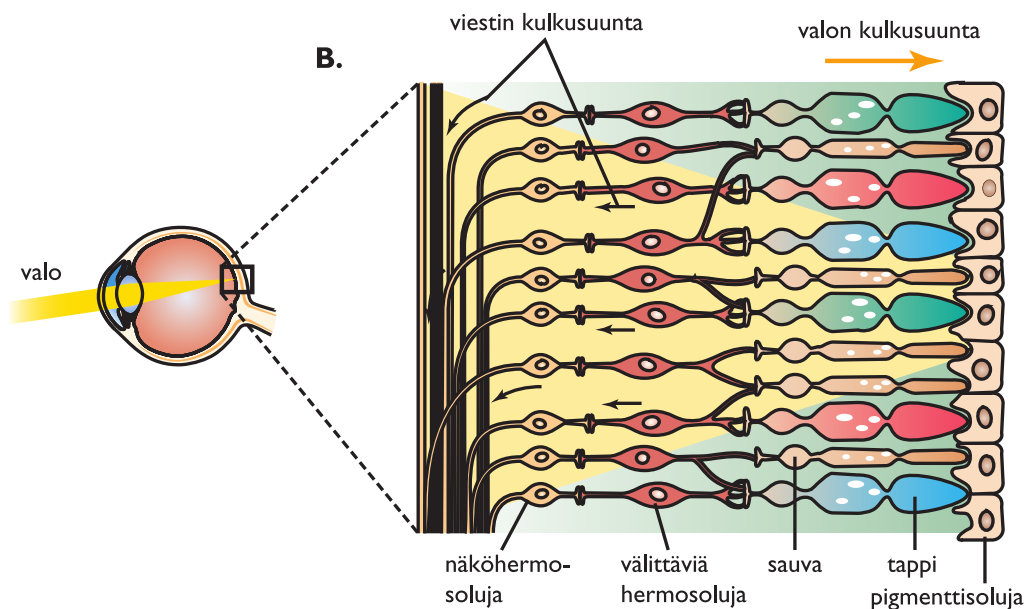
1. kaukana olevat kohteet näkyvät epätarkasti
2. lähellä olevat kohteet näkyvät epätarkasti
3. punavihersokeus.

(3 p)

A.



B.



3. Elimistön puolustautumiseen liittyvät käsitteet

Kirjoita lyhyt määritelmä seuraaville käsitteille: (6 p)

- a. immunitaetti
- b. antigeeni
- c. immuunivaste
- d. hankittu immunitaetti
- e. synnynnäinen immunitaetti
- f. vasta-aine

4. Ihminen on tasalämpöinen eläin **yo** s-11

Ihminen on tasalämpöinen. Mitä tasalämpöisyys tarkoittaa ja miten sen säätely tapahtuu? Miten ruumiinlämmön nousu ja lasku vaikuttavat elintoimintoihimme? Miksi elimistön lämpötilan pitäminen tasaisena on tärkeää? (6 p)

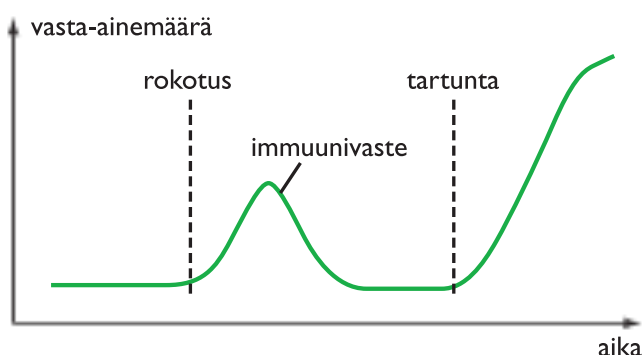
5. Elimistön puolustautuminen viruksia vastaan **yo** k-11

Kun sairastut esim. sikainfluenssaan, veressäsi on alkanut muodostua vasta-aineita influenssavirus vastaan. Mihin vasta-aineiden muodostus perustuu ja miten vasta-aineet toimivat?

6. Virukset ja rokottaminen

- a. Selitä diagrammin avulla, miten rokotus vaikuttaa ihmiseen. (2 p)
- b. Miksi virusten torjuminen on vaikeaa? (3 p)
- c. Mitä passiivisella immunisaatiolla tarkoitetaan ja miksi sen vaikutus ei ole pysyvä? (1 p)

Rokotuksen vaikutus elimistössä



7. Iho **yo** k-07

Iho on ihmiselimistön suurin elin. Mitä tehtäviä iholla on? (6 p)

8. Väittämiä **yo** k-13

Seuraavissa väittämässä on kaikissa virhe. Korjaa virheet ja perustele korjauksesi.

- a. Antigeneiksi kutsutaan niitä vasta-aineita, joiden avulla imusolut puolustautuvat taudinaiheuttajia vastaan.
- b. Syöjäsolut vastaavat elimistön valikoivasta puolustuksesta.
- c. Immuunipuolustus ei koskaan tuhoa kehon omia soluja.
- d. Rokotus perustuu valmiiden vasta-aineiden antamiseen.
- e. Veressä on valmiina vasta-aineita kaikkia vieraita veriryhmätekijöitä vastaan.
- f. A- ja B- veriryhmiä edustavat vanhemmat eivät voi saada lasta, jolla on O-veriryhmä.

9. Ihmisen suurin elin **yo** s-10

Täydennä kohdat 1–12 yhdellä sanalla. Merkitse omaan vastauspaperiisi numerot ja niiden osoitamiin kohtiin biologiset rakenteet tai käsitteet. 1) on ihmisen suurin elin. Sen tärkein tehtävä on suojata kehoa ulkoa tulevilta haittatekijöiltä. Toinen tärkeä tehtävä on toimia lämmönsäätelijänä. Tämän elimen uloin kerros on nimeltään 2) Sen päällimmäistä osaa sanotaan 3) Viimeksi mainittu muodostuu kuolleista soluista, joissa on tapahtunut ohjelmoitunut solukuolema eli 4) Uloimman kerroksen alla on 5) , jossa on kollageeni- ja kimmosäikeiden muodostamaa 6) , verisuonia, imusuonia ja aistinsoluja. 7) suojaavat kehomme UV-säteilyn haittavaikutuksilta ehkäisten mm. 8) Auringon valon vaikutuksesta tässä elimessä syntyy 9) -vitamiinia. Kuumalla ilmalla 10) tuottavat vettä, ammoniakkia, ureaa ja suoloja sisältävää eritettä, joka veden haihtuessa viilentää kehoamme. 11) eritteet voitelevat kehomme ulkopintaa pitäen sen notkeana ja vettä hylkivänä. Karvat ja kynnet ovat 12) (6 p)

+10. UV-säteilyn vaikutukset ihmiseen

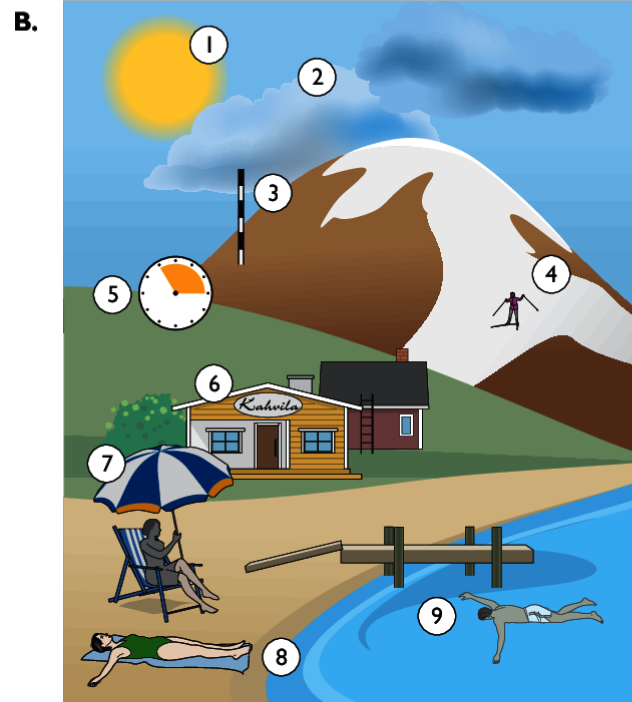
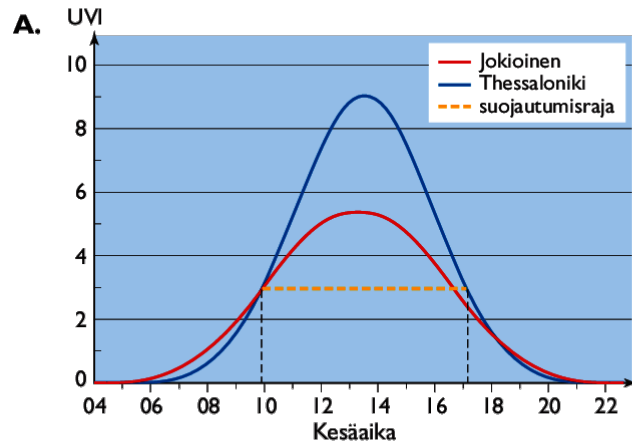
- Mitä UV-säteily on? (1 p)
- Miksi maapallolle tulevan UV-säteilyn määrä on lisääntynyt? (2 p)
- Miten UV-säteily vaikuttaa ihmiseen? (2 p)
- Diagrammissa A on kuvattu UV-indeksin suuruus pilvettömänä keskikesän päivänä Jokioissa ja Thessalonikissa. Selitä, miten ja miksi UV-indeksi vaihtelee kyseisissä paikoissa. (2 p)
- Tutki kuvaa B ja selitä, mitkä tekijät (1–9) vaikuttavat UV-säteilyn määrään. (2 p)

UV-indeksi ja säteilyn voimakkuus

UV-indeksi (UVI)	UV-säteilyn voimakkuus
0–2	Heikko
3–5	Kohtalainen: suojautumistarve alkaa
6–7	Voimakas
8–10	Hyvin voimakas
11 +	Äärimmäisen voimakas

Lähde: Ilmatieteen laitos

UV-indeksi eli UVI ilmoittaa Auringon haitallisen UV-säteilyn määrän. UV-indeksiä käytetään kertomaan sekä ennustetusta että havaitusta UV-säteilyn määrästä. UV-indeksin arvo 0 tarkoittaa, ettei säteilyä ole lainkaan. Auringolta on syytä suojautua, kun UV-indeksi ylittää arvon 3. Tämä toteutuu Etelä-Suomessa toukokuusta elokuuhun. UVI:n arvo 6 ja sen ylittävät arvot tarkoittavat voimakasta sekä 8 sekä siitä ylöspäin hyvin voimakasta säteilyä.



+11. Syövän synty, elimistön torjuntakeinot ja hoidot

yo k-10

Tee selkoa syöpää aiheuttavista ulkoisista tekijöistä ja solun sisäisistä muutoksista, jotka voivat johtaa syövän syntyyn. Miten elimistö voi torjua alkavaan syöpään liittyviä muutoksia? Jos virheelliset solut kuitenkin muodostavat syöpäkasvaimen, millaisia hoitokeinoja on olemassa. (9 p)

12. Näkökyvyn puutteita

yo s-13

Anna biologinen selitys seuraaville näkökykyyn liittyville puutteille.

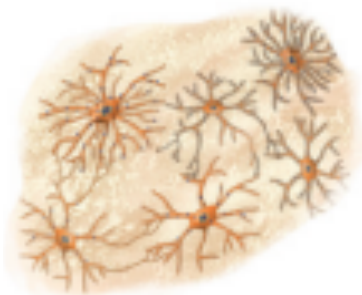
- puna-vihersokeus
- likinäköisyys
- hämäräsokeus
- harmaakaihi

18 Ihminen on toimiva kokonaisuus

Pyöräilijän lihakset ja luusto tekevät koko ajan yhteistyötä hermoston ohjaamana. Pyöräilijän lihasten tulee saada riittävästi energiaa ja happea. Ruuansulatuselimistö pilkkoo ruuan sisältämät ravintoaineet soluille käyttökelpoiseen muotoon. Verenkiertoelimistö kuljettaa ne soluihin energianlähteiksi ja rakennusaineiksi. Lisäksi verenkiertoelimistö kuljettaa happea hengityselimistöstä solujen käyttöön. Aineenvaihdunnassa syntyy tarpeettomia ja haitallisia aineita, jotka erityselimistö poistaa elimistöstä.

Soluista muodostuu kudoksia ja elimiä

Ihminen on monisoluinen eläin, joka koostuu arviolta 60 000 miljardista solusta. Samoihin tehtäviin erikoistuneet solut muodostavat kudoksia. Elimet, kuten sydän ja maksa, muodostuvat useammasta kudostyyppistä. Samaa tehtävää suorittavat elimet muodostavat yhteistyössä toimivia elimistöjä.



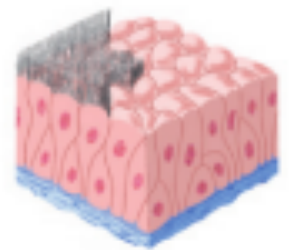
Epiteelikudosta ovat pinta-, aisti- ja rauhaskudos. Pintakudos peittää ja suojaa elimistön ulko- ja sisäpintoja. Aistikudos ottaa vastaan aistiärsykeitä. Rauhaskudosta on umpi- ja avorauhasissa.



Hermokudos muodostuu hermosoluista ja tukisolusta. Hermosoluissa viestit kulkevat sähköisinä impulsseina.



Lihaskudosta on kolmea tyyppiä: poikkijuovainen, sileä- ja sydänlihaskudos. Lihassoluissa on runsaasti supistumiskykyisiä proteiinisiäikeitä.

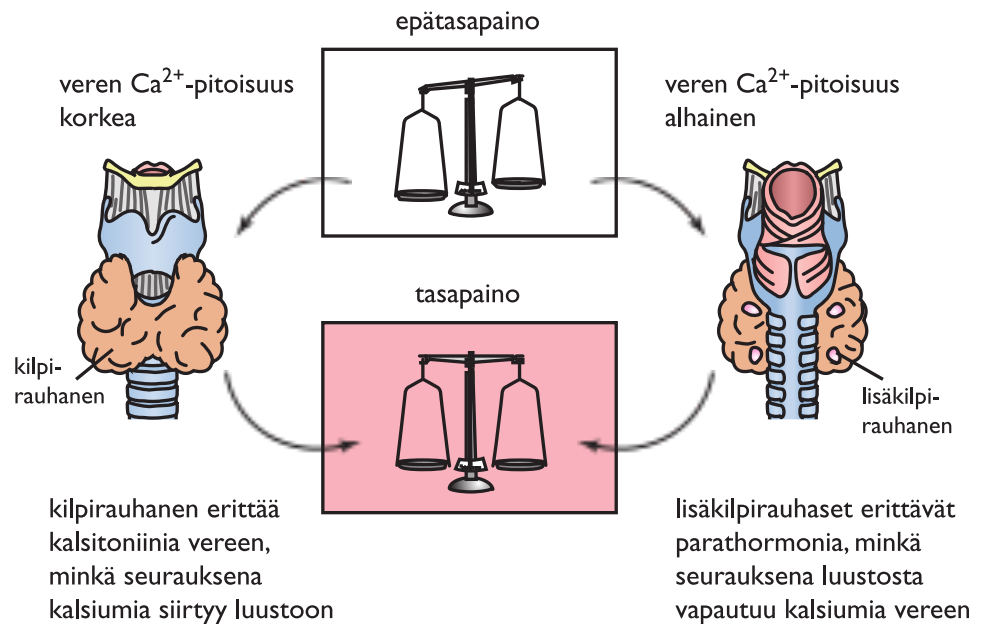


Side- ja tukikudosta ovat varsinainen sidekudos (esimerkiksi nivelsiteet ja jänteet), rustokudos, luukudos, rasvakudos sekä veri- ja imuneste.

Elimistö ylläpitää homeostasiasiaa

Homeostasialla tarkoitetaan elimistön sisäistä tasapainotilaa, jota pitävät yllä säätelyjärjestelmät. Esimerkiksi oikeanlainen ja riittävä ravinto on välttämätön elimistön toimintojen tasapainolle. Solujen toiminta edellyttää aineiden oikeita pitoisuuksia. Solut tarvitsevat toimiakseen rakennusaineita, energiaa ja happea. Soluista täytyy poistaa tarpeettomia ja haitallisia aineita. Ihmisen elimistö pyrkii koko ajan säilyttämään homeostasian. Tähän tarvitaan ruuansulatus-, hengitys-, verenkierto- ja erityselimistöjen yhteistoimintaa sekä hormonaalista ja hermostollista säätelyä.

Veren kalsiumtasapainon säätely



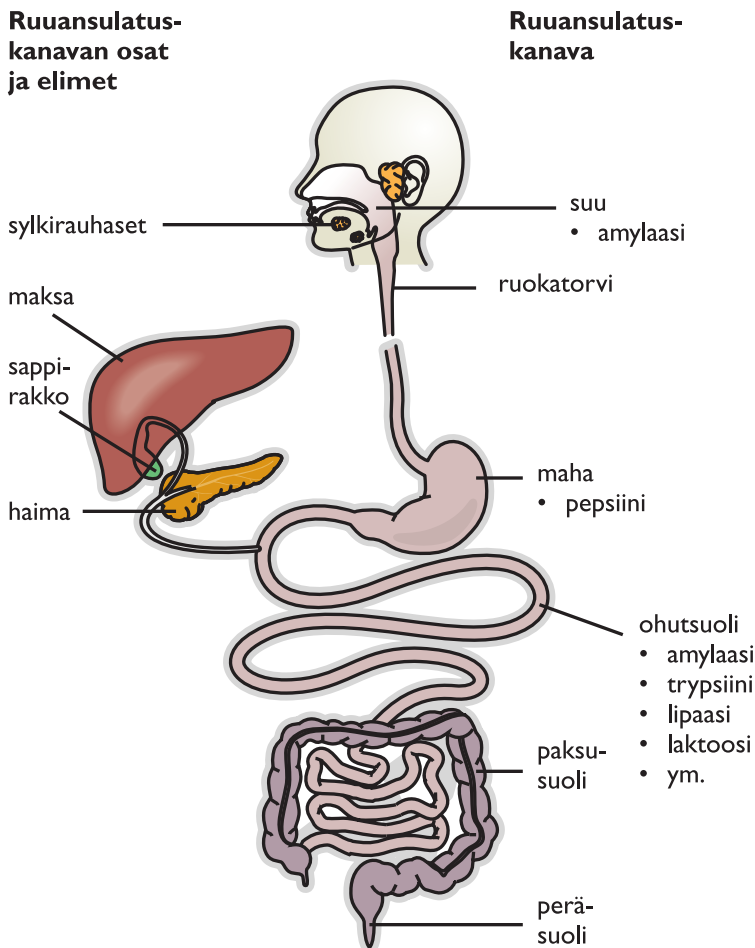
Veren kalsiumpitoisuuden säätely on yksi esimerkki homeostasiasta. Hypotalamus ja aivolisäke säätelevät kilpirauhasen ja lisäkilpirauhasten toimintaa.

Energiaa ja rakennusaineita saadaan ravinnosta

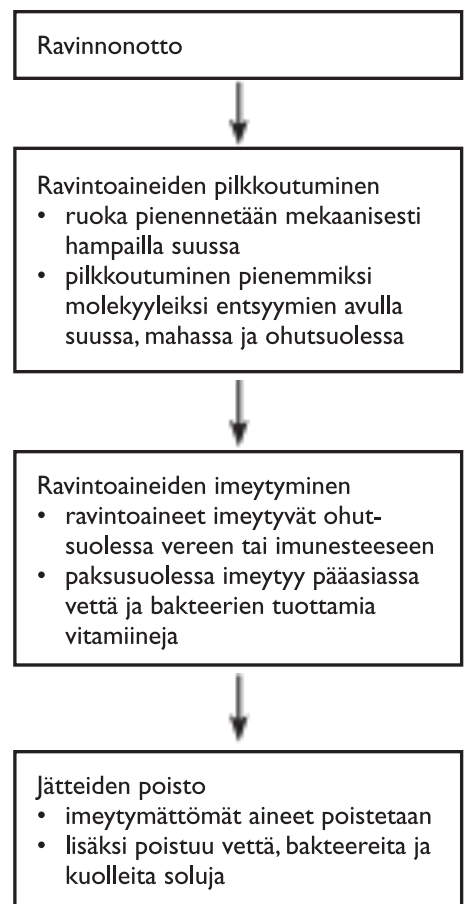
Solut saavat energiaa ja rakennusaineita ravinnon sisältämistä orgaanisista molekyyleistä, vitamiineista sekä kivennäis- ja hivenaineista. Ruuansulatuselimistöön kuuluvat ruuansulatuskanava (nielu, ruokatorvi, maha, ohutsuoli, paksusuoli ja peräsuoli), sylkirauhaset, haima, maksa ja sappirakko. Ruuansulatuselimistössä entsyymit pilkkovat ravintoaineet soluille käyttökelpoiseen muotoon. Ruuansulatusta säätelevät ruuansulatuskanavan erittämät kudoshormonit sekä autonominen hermosto. Nälän- ja kylläisyydentunteen säätelyn keskus on hypothalamuksessa.

Ruuansulatuselimistö ja sen toiminta

Ruuansulatuskanavan osat ja elimet



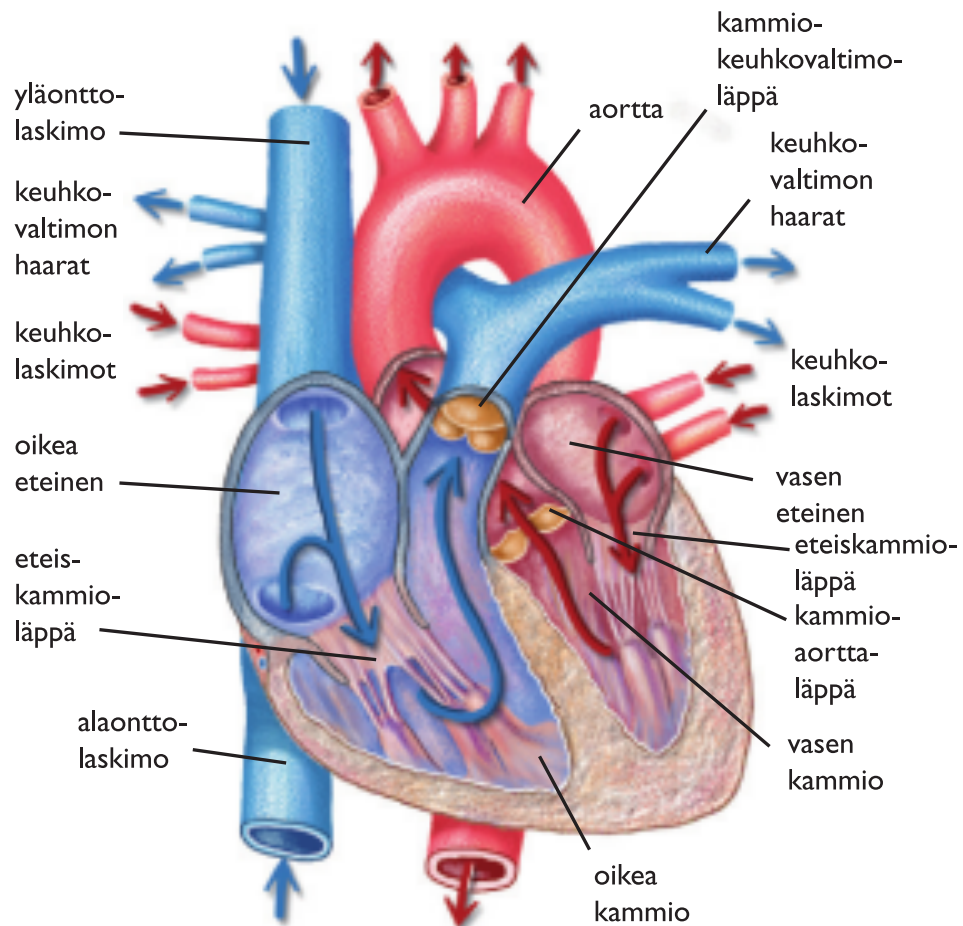
Ruuansulatuksen vaiheet

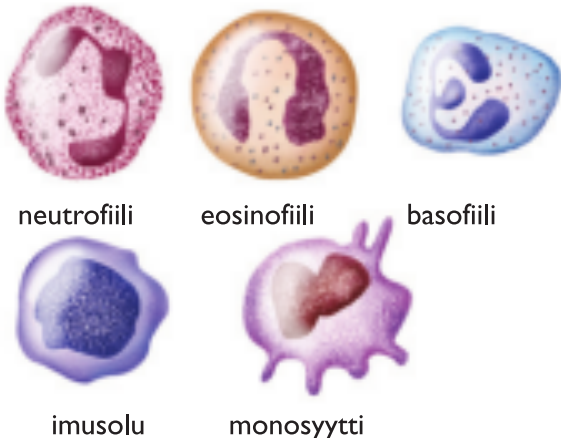


Verenkierto toimii elimistön kuljetusjärjestelmänä

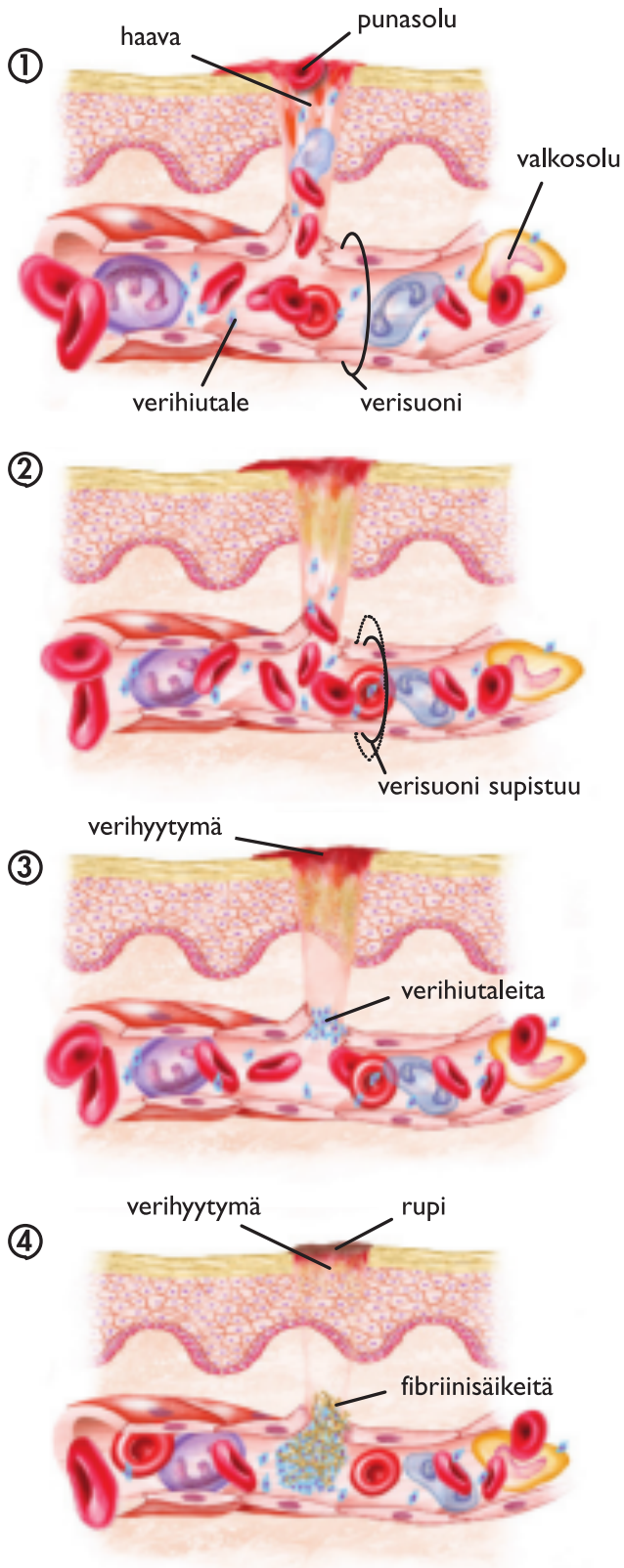
Verenkiertoelimistö kuljettaa pilkkoutuneet ravintoaineet solujen käyttöön. Tämän lisäksi verenkiertoelimistö kuljettaa happea ja hiilidioksidia, kuona-aineita ja hormoneja. Verenkiertoelimistö osallistuu elimistön lämpötilan säätelyyn. Ihmisen sydän on nelilokeroinen lihaspumppu, joka supistuu automaattisesti. Sydämen lisäksi verenkiertoelimistöön kuuluvat valtimot, laskimot ja hiussuonet. Sydämen supistuminen saa veren kiertämään verenkiertoelimistössä. Sydämen kammioiden supistuessa syntyy kova paine ja verta työntyy suuriin valtimoihin, aorttaan ja keuhkovaltimoihin. Suurissa valtimoissa verenpaine on suurempi kuin pienissä valtimoissa. Laskimoiden verenpaine on niin alhainen, ettei se enää yksinään pysty ylläpitämään veren virtausta. Laskimoiden ja sydämen oikean eteisen paine-ero ja luustolihasien supistuminen auttavat takaisinvirtausta.

Veri on nestemäistä sidekudosta, joka muodostuu plasmasta ja verisoluista. Verisoluja ovat punasolut, valkosolut ja verihiutaleet.



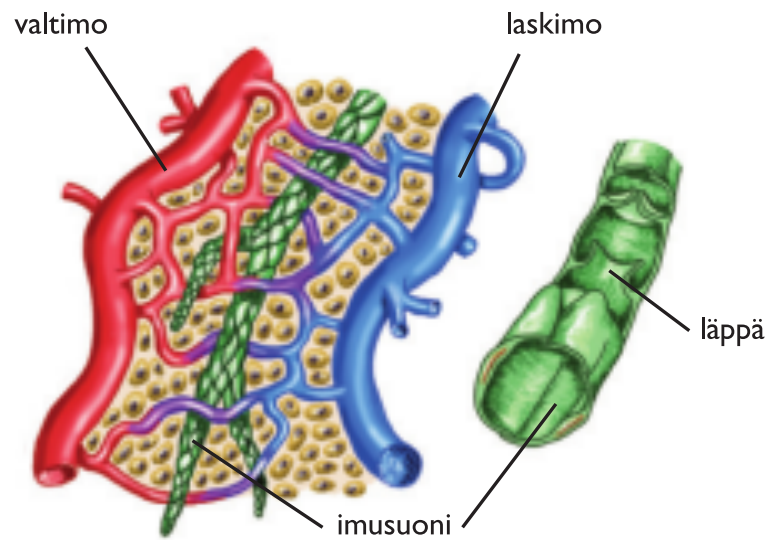
Veren osa		Ominaisuudet	Merkitys
Veriplasma		Veriplasman koostumus: • vettä • ioneja • plasmaproteiineja • ravintoaineita • kuona-aineita • hiilidioksidia • hormoneja	• aineiden kuljetus • lämmön siirtäminen
Punasolut		• kiekon muotoisia • pieniä, tumattomia • lyhytikäisiä • muodostuvat punaisessa luuytimessä	• hapen kuljetus • osittain hiilidioksidin kuljetus
Valkosolut	 neutrofiili eosinofiili basofiili imusolu monosyytti	• useita tyyppejä • vaihtelevan muotoisia • tumallisia, • värittyjä • runsaasti soluelimiä	• elimistön puolustautuminen mikrobeja ja syöpäsoluja vastaan
Verihiutaleet		• pieniä, tumattomia • runsaasti soluelimiä ja rakkuloita	• veren hyytyminen

Veren hyytyminen



Veren hyytyminen on elintärkeä, monimutkainen reaktiosarja, johon verihiutaleiden lisäksi osallistuvat monet ns. hyytymistekijät. Niitä ovat eräät veren plasmaproteiinit ja kalsiumionit. Hyytymistekijöiden valmistukseen tarvitaan K-vitamiinia.

Valtimoista haaroittuvista hiussuonista tihkuu verenpaineen vaikutuksesta veriplasmaa kudoksiin. Solujen väliin kertyy näin kudostettä, josta osa palautuu verenkiertoon imusuoniston kautta. Imuneste sisältää myös ohutsuolesta imeytyneitä rasvoja. Imusuonisto liittyy myös ihmisen puolustusjärjestelmään.



Hiussuonista siirtyy verinestettä laskimoihin ja kudostesteeksi. Kudosteen, imunesteen ja veren välillä tapahtuu jatkuvaa aineiden siirtymistä.

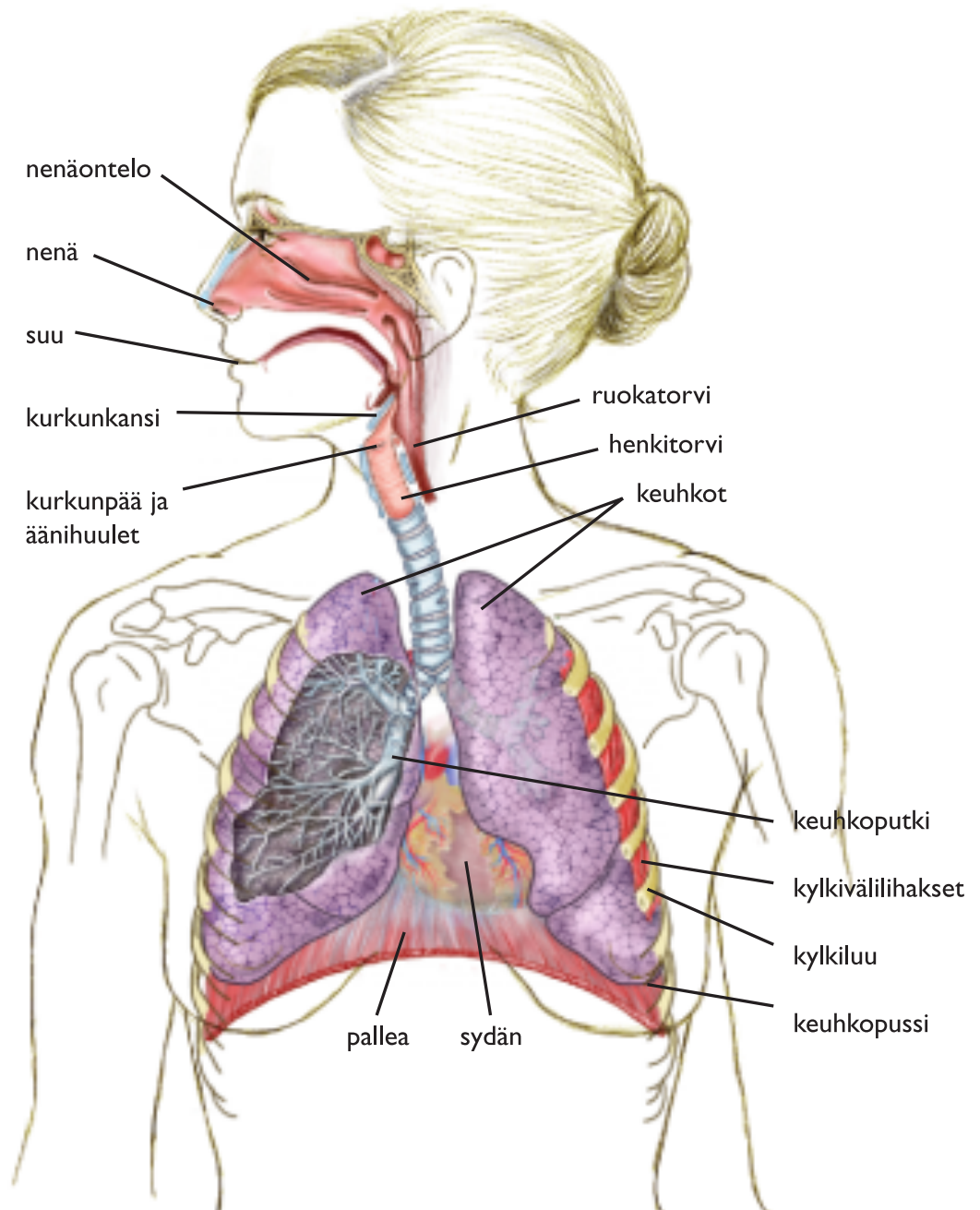
1. Verisuoni vaurioituu ihoon tulleen haavan kohdalla. Haavasta alkaa vuotaa verta.
2. Verisuonen supistuminen hillitsee verenvuotoa.
3. Verihiutaleista vapautuvat aineet muuttavat verihiutaleiden pinnan tahmeaksi, ja hiutaleet tarttuvat toisiinsa tukkien vuotokohdan.
4. Verihiutaleista erittyvän entsyymien vaikutuksesta veriplasman liukoinen proteiini fibrinogeeni muuttuu liukenemattomaksi säikeiseksi fibriniiksi. Verihiutaleita sekä puna- ja valkosoluja tarttuu fibriniisäikeisiin. Vauriokohtaan muodostuu verihyytymä, joka kuivuttuaan muuttuu väliaikaisesti haavan peittäväksi ruveksi.

Hengityselimistö huolehtii solujen hapensaannista

Elimistön solut tarvitsevat happea energian vapauttamiseen aineenvaihdunnan tarpeisiin. Energiapitoisia orgaanisia molekyylejä, kuten glukoosia, pilkkotaan soluhengityksessä. Pilkkoutumisessa vapautunut energia sitoutuu ATP-molekyyleihin. Soluhengityksen reaktioissa syntyy hiilidioksidia. Hengityselimistön tehtävänä on yhteistyössä verenkiertoelimistön kanssa huolehtia hapen saannista ja hiilidioksidin poistamisesta elimistöstä. Hengityselimistön muodostavat hengitystiet (nenäontelo sivuonteloinen, nielu, kurkunpää, henkitorvi ja keuhkoputket) sekä keuhkot.

Hengityselimistö

Hengityselimistöön kuuluvat hengitystiet, keuhkot ja hengityslihakset.



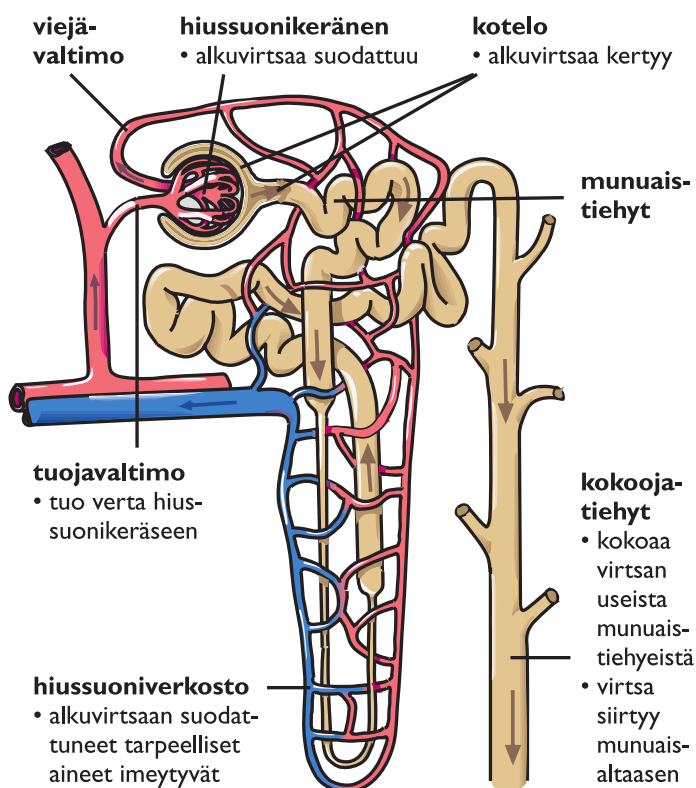
Hengityksessä on viisi vaihetta: 1) ilman edestakainen kuljetus ulkoilman ja keuhkorakkuloiden välillä eli keuhkotuuletus, 2) kaasujen vaihto keuhkorakkuloiden ja veren välillä, 3) kaasujen kuljetus veressä, 4) kaasujen vaihto veren ja solujen välillä sekä 5) soluhengitys. Hengitys ja sen säätely tapahtuvat automaattisesti. Ydinjatkeessa sijaitseva hengityskeskus säätelee keuhkotuuletusta. Hengityskeskus saa viestejä hiilidioksidipitoisuuden muutoksista ydinjatkeessa, aortassa ja kaulavaltimoissa sijaitsevilta aistinsoluilta.

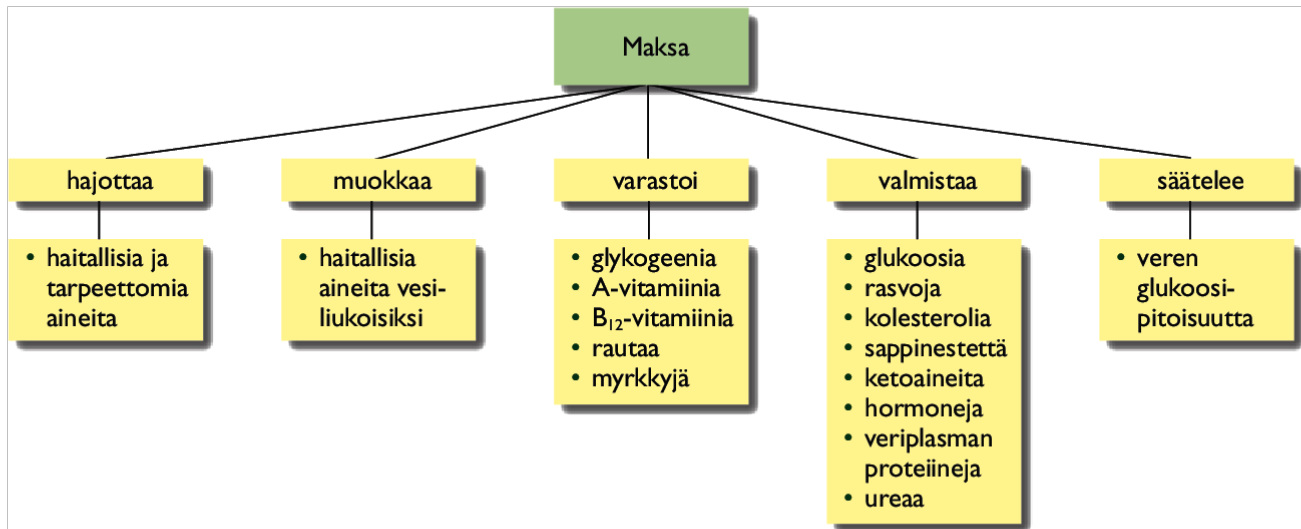
Munuaiset ja maksa säätelevät elimistön sisäistä tasapainoa

Munuaiset säätelevät elimistön nesteiden määrää ja koostumusta sekä poistavat verestä aineenvaihdunnassa syntyneitä kuona-aineita, kuten virtsa-ainetta eli ureaa. Urea syntyy maksassa aminohappojen hajoamistuotteista. Veri kuljettaa kuona-aineet munuaisiin eritettäväksi. Virtsa muodostuu nefroneissa, ja se poistuu elimistöstä virtsateitä pitkin. Virtsateihin kuuluvat munuaisaltaat, virtsanjohtimet, virtsarakko ja virtsaputki. Hermostollisen ja hormonaalisen säätelyn ansiosta munuaiset pystyvät säilyttämään elimistön nestetasapainon, vaikka ulkoiset tekijät, kuten elimistöön tulevan nesteen määrä ja fyysinen rasitus, vaihtelevatkin. Munuaiset säätelevät myös monien epäorgaanisten ionien määrää ja elimistön happamuutta.

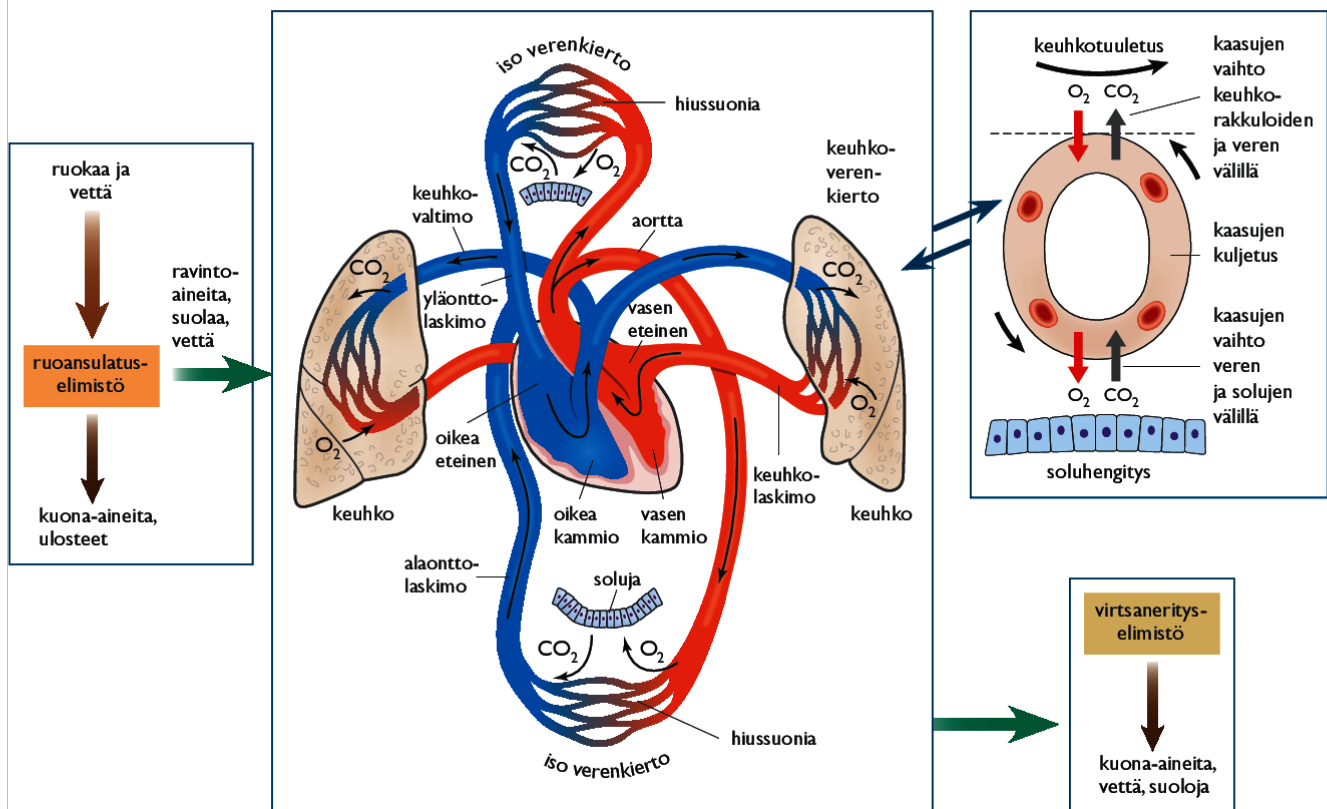
Maksa käsittelee, lajittelee ja varastoi elimistön aineenvaihduntareaktioissa syntyneitä aineita. Kaikki aineet, jotka ovat imeytyneet vereen ruuansulatuselimistöstä, kulkevat maksan läpi. Maksa valmistaa sappinestettä, rasvoja, kolesterolia sekä glukosia ja ureaa.

Virtsan muodostuminen



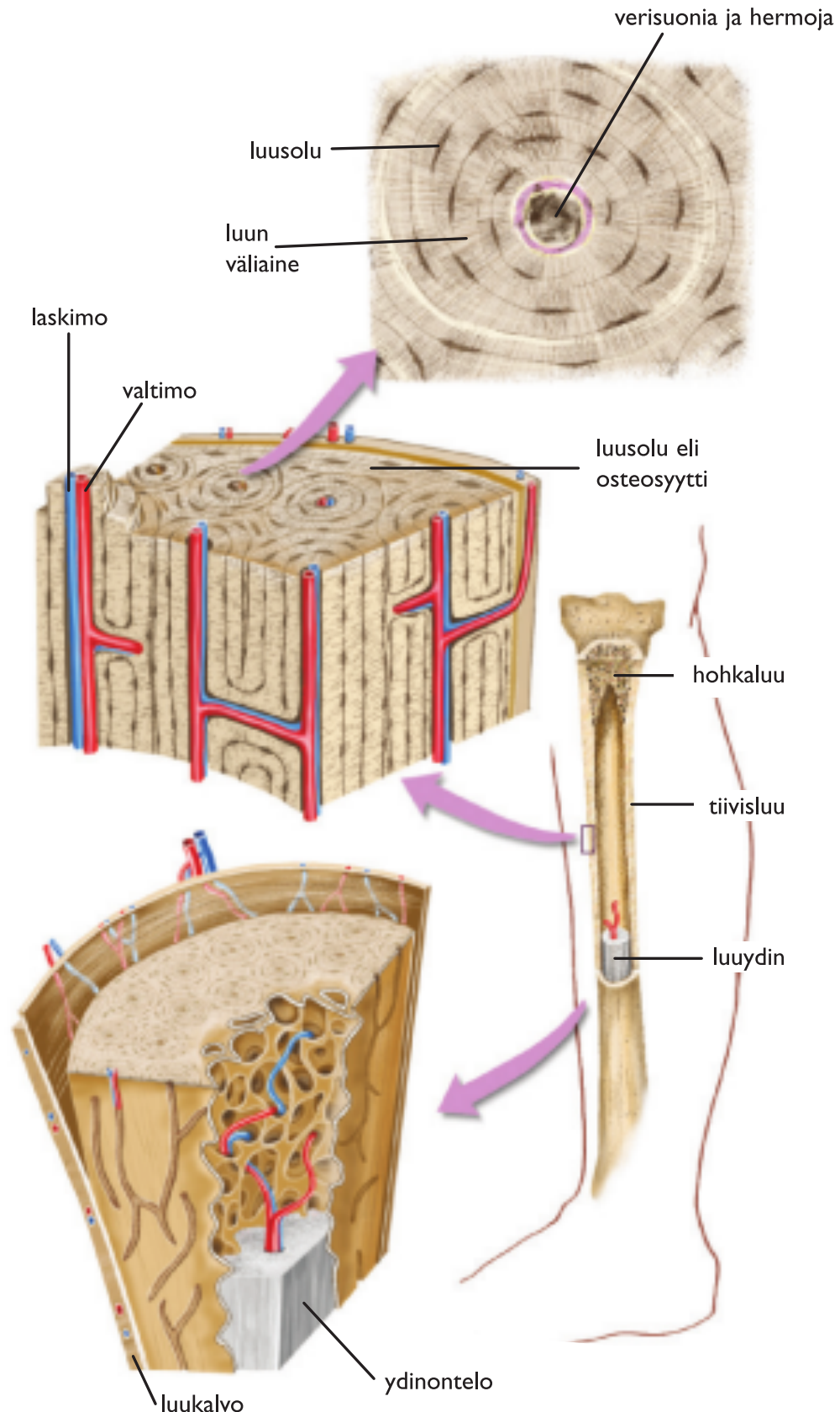


Ruansulatuselimistö, verenkiertoelimistö, hengityselimistö ja erityselimistö toimivat yhteistyössä



Lihakset ja luusto

Liikkeisiin tarvitaan luiden, lihasten, nivelten ja hermoston yhteistoimintaa. Luusto toimii paitsi tukirankana myös monien aineiden, kuten kalsiumin ja fosfaatin, varastona. Verisolut syntyvät luuytimessä verisolujen kantasoluista. Luu on elävää kudosta, joka uusiutuu jatkuvasti.

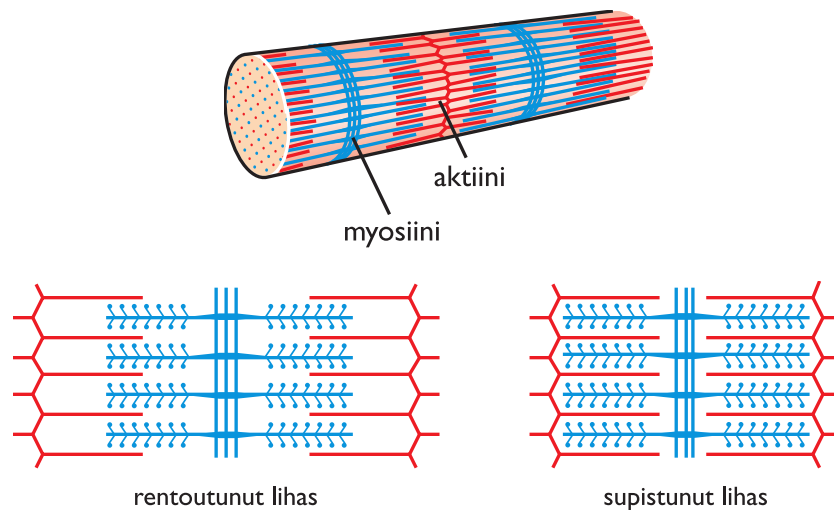


Putkiluun uloin kerros on luukalvo, jonka alla on tiivistä luukudosta. Luun päissä on rustoiset nivelpinnat. Tiiviin luun alla oleva hohkaluu muodostuu ohuista luupalkeista, joiden välissä on onteloita. Ydinontelossa on mm. rasvaa, ja siellä tuotetaan verisoluja.

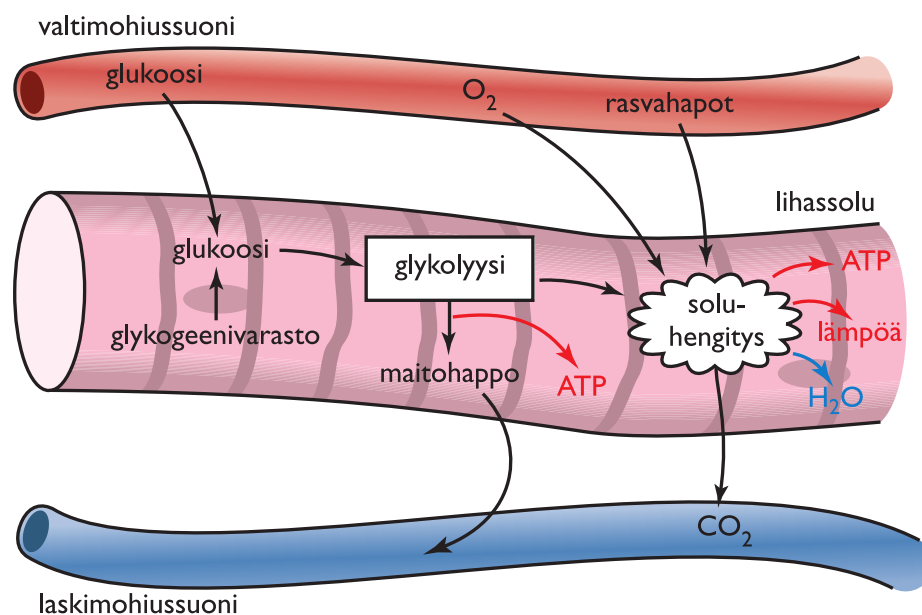
Lihaskudostyypppejä ovat sileä lihaskudos, poikkijuovainen luustolihaskudos ja poikkijuovainen sydänlihaskudos. Ne eroavat toisistaan sekä rakenteeltaan että toiminnaltaan. Lihasten supistuminen perustuu lihassoluissa oleviin supistumiskykyisten aktiini- ja myosiinisäikeiden toimintaan.

Luustolihas rakentuu lihassolukimpuista. Lihaksen supistuessa lihasolujen aktiini- ja myosiinisäikeet liukuvat toistensa lomiin. Yksittäinen lihassolu supistuu ”kaikki tai ei mitään” -periaatteella. Lihassolun supistumiseen tarvittava energia saadaan ATP-molekyyleistä. ATP-molekyylien lataamiseen soluhengityksessä tarvitaan glukoosia ja happea. Mikäli happea ei ole saatavilla, lihassoluissa tapahtuu maitohappokäyminen.

Lihassolun supistuminen



Lihassolun energia-aineenvaihdunta



TEHTÄVÄT

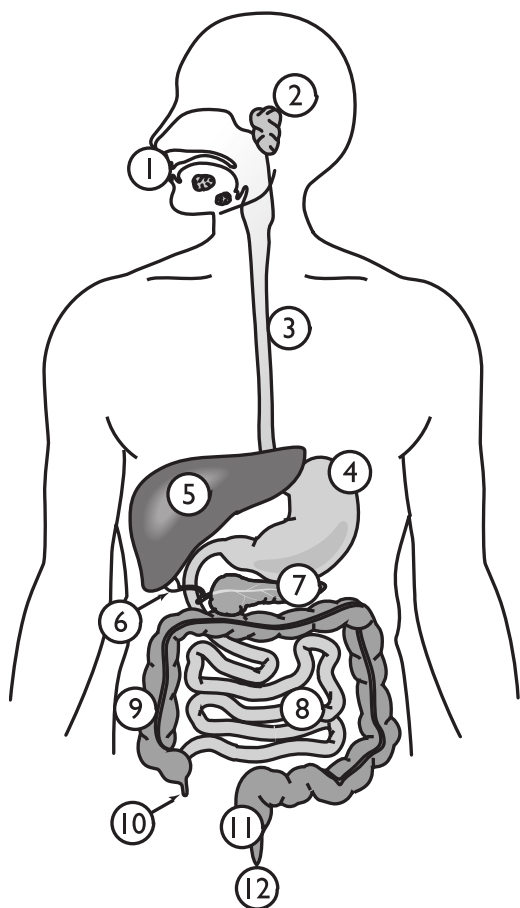
1. Ravintoaineet

Selosta, mistä elimistömme saa ja mihin se tarvitsee seuraavia aineita. (6 p)

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| a. hiilihydraatit | d. C-, K- ja D-vitamiini |
| b. rasva-aineet | e. natrium ja rauta |
| c. proteiinit | f. kuidut |

2. Ruuansulatuselimistön rakenne ja toiminta

- Nimeä kuvaan merkityt ihmisen ruuansulatuskanavan osat ja niihin liittyvät elimet (1–12). (1 p)
- Selosta, mitä ravinnon sisältämille hiilihydraateille, rasvoille ja proteiineille tapahtuu ruuansulatuskanavan eri osissa. (3 p)
- Piirrä kuva ohutsuolen nukkalisäkkeestä. Selitä kuvan avulla nukkalisäkkeen rakenne sekä ravintoaineiden hajoamistuotteiden imeytyminen verenkiertoon ja imusuonistoon. (2 p)



3. Veren kolesteroli

yo s-05

- Kolesteroli ja sen merkitys ihmisen normaalissa aineenvaihdunnassa. (3 p)
- Millaisia terveysriskejä suositusarvoista poikkeava kolesterolitaso voi aiheuttaa ja miten riskejä voidaan vähentää? (3 p)

4. Veren koostumus ja sairaudet

yo k-12

Millainen on ihmisen veren normaali koostumus? Mistä anemia, leukemia ja hemofilia johtuvat, ja mitä seurauksia niistä on? (6 p)

5. Verenkierto ja elintoiminnot

yo k-03

Verenkierto liittyy moniin elintoimintoihimme. Miten kytkeytyvät toisiinsa

- verenkierto ja ruuansulatus (3 p)
- verenkierto ja hengitys? (3 p)

6. Munuaisen toiminta

- Piirrä yksinkertainen kuva nefronista. (2 p)
- Selitä piirtämäsi kuvan avulla nefronin toiminta. (2 p)
- Miten hermosto ja hormonit säätelevät virtsaneritystä? (2 p)

7. Ihmisen solutyypien vertailu

yo s-12

Seuraavassa vertaillaan ihmisen kolmea solutyyppiä. Millaiset ovat luustolihasolun, punasolun ja munasolun mitokondrioiden sekä tumien määrät (A–F)? Anna esimerkki kuhunkin solutyyppiin kohdistuvasta hermostollisesta tai hormonaalisesta säätelystä ja sen vaikutuksesta solussa (G–I). Arvioi kohdissa J–L kyseisten solujen uusiutumis- eli regeneraatiokykyä.

Solutyyppi	Mitokondrioiden määrä	Tumien määrä	Hermostollinen tai hormonaalinen säätelytekijä ja sen vaikutus	Uusiutumiskyky
Luustolihasolu	A	D	G	J
Punasolu	B	E	H	K
Munasolu	C	F	I	L

8. Ruuansulatusentsyymit

Täydennä alla oleva taulukko ruuansulatusentsyymien toiminnasta. (6 p)

Entsyymi	Hajotettava ravintoaine	Erityspaikka	Vaikutuksen kohde	Lopputuote
amylaasi				
pepsiini				
lipaasi				
trypsiini				
nukleaasi				
laktaasi				

9. Virtsan muodostuminen ja koostumus



Virtsa on aineenvaihdunnassa syntyvä erite. Selosta, miten ihmisen virtsa muodostuu ja mitä virtsa sisältää. Mitä virtsalle tapahtuu, kun se joutuu maaperään? (6 p)

10. Maksan toiminta

Kirjoita lyhyt kirjoitelma (noin 150–200 sanaa) maksan toiminnasta. Kirjoitelmassa tulee esiintyä seuraavat sanat: hajottaa, varastoi, muokkaa, valmistaa, myrkyt, vesiliukoiseksi tekeminen, etanoli, asetaldehydi, etikkahappo, sappineste, rasvat, glukoosi, glykogeeni, ketoaineet, hormonit, veriplasman proteiinit, fibrinogeeni, lipoproteiini, HDL, LDL, rauta, A-vitamiini, B₁₂ -vitamiini sekä lämmön tuottaminen. (6 p)

11. Ravinnonkäyttö

Monien suomalaisten ongelmana on liikalihavuus. Liikalihavuudesta on muodostunut teollisuusmaissa huomattava terveysriski. Lue teksti ja pohdi liikalihavuutta seuraavista näkökulmista.

- ihmisen evoluutio (1,5 p)
- ravinnon määrä ja laatu (1,5 p)
- nälän ja kylläisyyden säätely (1,5 p)
- elintapojen muutos (1,5 p)

Laihdutus

Jaana-Stiina Alakorpi

”Jo muinaiset roomalaiset laihduttivat. Ihan totta! Jo antiikin aikoina riitti ökyrikkaita ylensyöjiä, jotka tolkuton mässäily oli turvottanut muodottomiksi. Sellainen oli esimerkiksi keisari Maximinus, joka oli heikkona herkkuihin. Keisaripolo kasvoi niin hirviömäisiin mittoihin, että hänen hyllyvää vatsaansa, käsiä ja muita ruumiinosia tarvittiin kantamaan kaksi miestä. Jo lääketieteen isä Hippokrates antoi ohjeita lihavuuden hoitoon vuoden 400 eKr. paikkeilla.

Suomessa sen sijaan on aina kärsitty vilua ja nälkää. Kansa kulki nälkävuosista toiseen, puri pettua ja kiristi vyötä. Kunnes tuli vuosi 1948. Ankean säännöstelytalouslouden jälkeen kauppojen hyllyt alkoivat notkia hurmaavia herkkuja: oli taas lihaa, voita ja sokeria. Karamellejakin sai. Hulluuntuneet suomalaiset ahmivat kuin eivät olisi ruokaa ennen nähneetkään. Syötiin ihan sen pelossa, että jos nämä taas kohta meiltä viedään.”

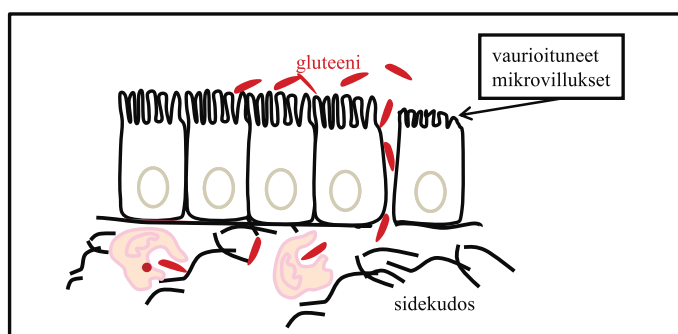
Lähde: Sunnuntaisuomalainen 15.10.2006
(Karjalaisen, Savon Sanomien, Keski-suomalaisen, Ilkan ja Pohjalaisen yhteinen sunnuntaiosio)

I2. Keliakia

yo s-12

Keliakia on autoimmuunisairaus, joka johtaa ohutsuolen seinämän limakalvon epiteelisolujen välisten liitosten avautumiseen ja mikrovillusten vioittumiseen (kuva). Tämä heikentää ravintoaineiden imeytymistä suolesta verenkiertoon. Elimistön puolustusreaktiot käynnistyvät, kun syöjäsolut fagosytoivat gluteiiniproteiinien johdannaisia.

- Mikä on mikrovillusten merkitys suolen seinämän toiminnassa? (1 p)
- Millä tavoin proteiinit siirtyvät suolesta verenkiertoon? (3 p)
- Mitä ovat syöjäsolut, ja mikä on niiden osuus immunologisessa puolustuksessa? (2 p)



+I3. Aineenvaihdunnan tapahtumat

yo s-09

Ihmiselimistö tuottaa hiilidioksidia, vettä, lämpöä sekä tyypellisiä kuona-aineita. Missä aineenvaihdunnan tapahtumissa niitä muodostuu, ja miten elimistö niitä poistaa? (9 p)

+I4. Veri, kudosp neste ja imuneste

yo k-09

Veri, kudosp neste ja imuneste.

Vertaile näiden "elin nesteiden" koostumusta ja merkitystä sekä niiden suhdetta aineenvaihdunnassa. (9 p)

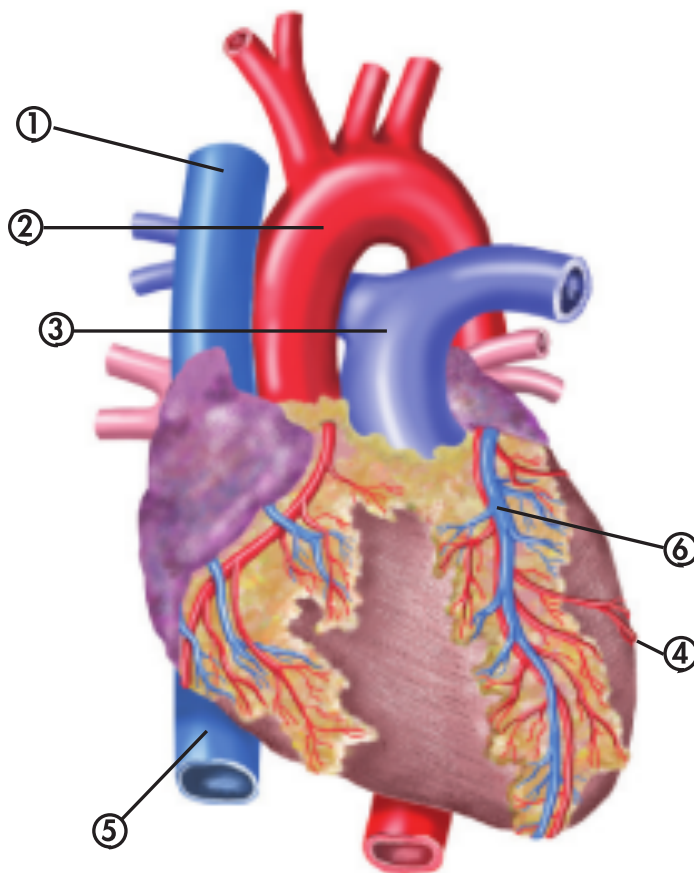
+I5. Proteiinit

yo s-11

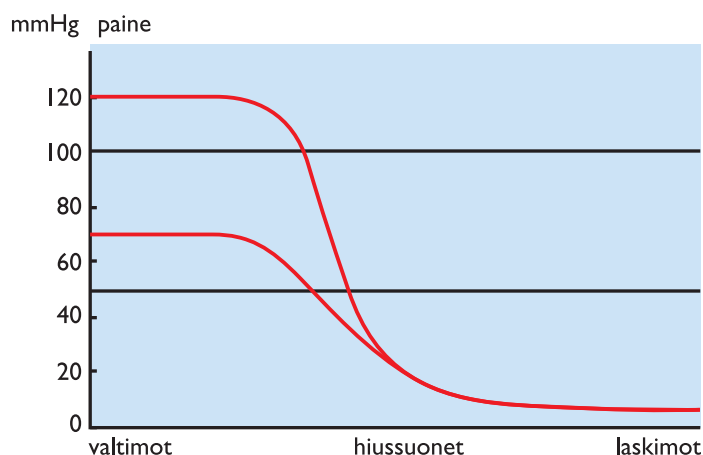
Mistä ihminen saa proteiineja? Miten proteiinit hajoavat ruuansulatuksessa? Miten elimistö valmistaa tarvitsemiaan proteiineja? (9 p)

+I6. Sydämen rakenne ja toiminta

- Nimeä sydämen osat 1–6. (2 p)
- Mitä reittiä veri kulkee isossa ja pienessä verenkierrossa? (3 p)
- Mikä saa sydämen sykkimään? (1 p)
- Miten sydän saa tarvitsemansa hapen ja ravintoaineet. (1 p)
- Selitä diagrammin avulla, miten verenpaine vaihtelee verenkiertoelimistön eri osissa. Miksi? (2 p)



Verenpaine verenkierron eri osissa



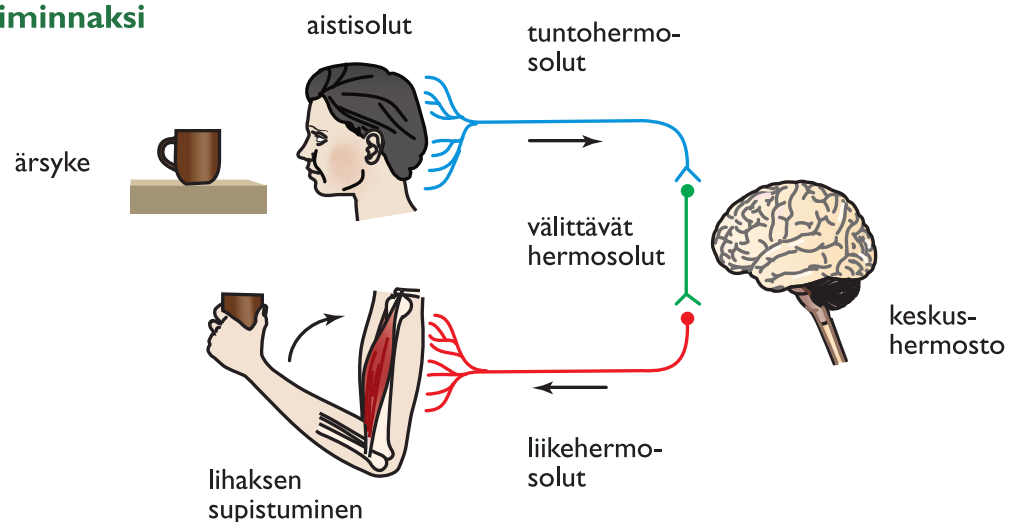
19 Hermosto ja hormonit säätelevät elimistön toimintaa

Ihmisen elimistö koostuu miljardeista soluista, jotka tekevät yhteistyötä. Yhteistoiminnan säätelyyn osallistuvat pääasiassa hermosto ja hormonit. Hermosto jaetaan kahteen osaan, ääreis- ja keskushermostoon. Hormonit ovat umpirauhasista erittyviä viestiaineita. Näiden lisäksi elintoimintojen säätelyyn osallistuvat eri kudosten erittämät paikalliset kudoshormonit ja kasvutekijät. Elimistön toiminnan säätely on solujen välistä viestintää, joka tapahtuu sähköisesti ja viestiaineiden välityksellä.

Hermostossa informaatio kulkee nopeasti ja tarkasti

Hermosto jaetaan ääreis- ja keskushermostoon. Ääreishermoston välityksellä aivot saavat aistien välittämää tietoa elimistön sisä- ja ulkopuolelta. Aistielimet ottavat vastaan ympäristöstä tulevia ärsykeitä. Ärsykkeen synnyttämä sähköinen impulssi siirtyy tuntohermosoluja pitkin keskushermostoon. Hermosto käsittelee ja valikoi saapuvaa informaatiota. Mahdolliset toimintakäskyt kulkevat liikehermosoluja pitkin lihaksille.

Ärsykkeestä toiminnaksi



Ääreishermostoon kuuluvat aistisoluista keskushermostoon ja keskushermostosta luustolihaksiin kulkevat hermot sekä autonominen hermosto. Autonominen hermosto säätelee tahdosta riippumatonta sisäelinten toimintaa. Siihen kuuluvat sympaattinen ja parasympaattinen hermosto. Sympaattinen hermosto lisää elimistön suorituskykyä ja energiavarastojen käyttöä. Se toimii erityisesti stressin ja fyysisen rasituksen aikana. Parasympaattinen hermosto toimii aktiivisimmin levon aikana. Se aktivoi esimerkiksi ruuansulatuselimistön toimintaa.

Keskushermostoon kuuluvat aivot ja selkäydin. Aivot koostuvat noin sadasta miljardista toisiinsa kytkeytyneestä hermosolusta. Aivojen osat ovat erikoistuneet tiettyihin toimintoihin, mutta niiden yhteistoiminta on välttämätöntä.

Aivojen osat

1. Isoaivot

- jakautuu kahteen puoliskoon
- aistihavaintojen tiedostaminen aistialueilla
- liikkeiden tahdonalainen säätely
- puheen tuottaminen
- looginen päättely
- eri asioiden yhdistäminen (assosiaatioalueet)
- muisti

2. Aivokurkianen

- yhdistää isoaivojen puoliskot toisiinsa

3. Pikkuaiivot

- liikkeiden hienosäätö
- liikesarjojen oppiminen

4. Keskiaivot

- silmien liike: katseen kohdistaminen
- pään liikkeet

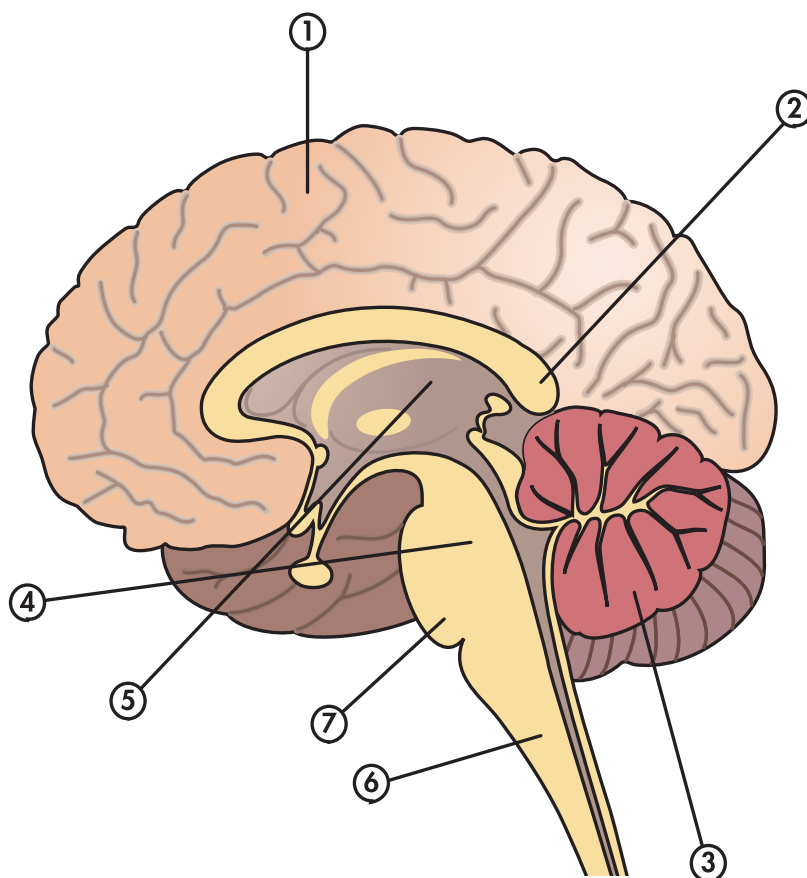
5. Väliaivot

- Hypotalamus säätelee umpirauhasten toimintaa ja on autonomisen hermoston säätelykeskus

6. Ydinjatke

- sydämen syke
- hengitys
- ruuansulatus

7. Aivosilta

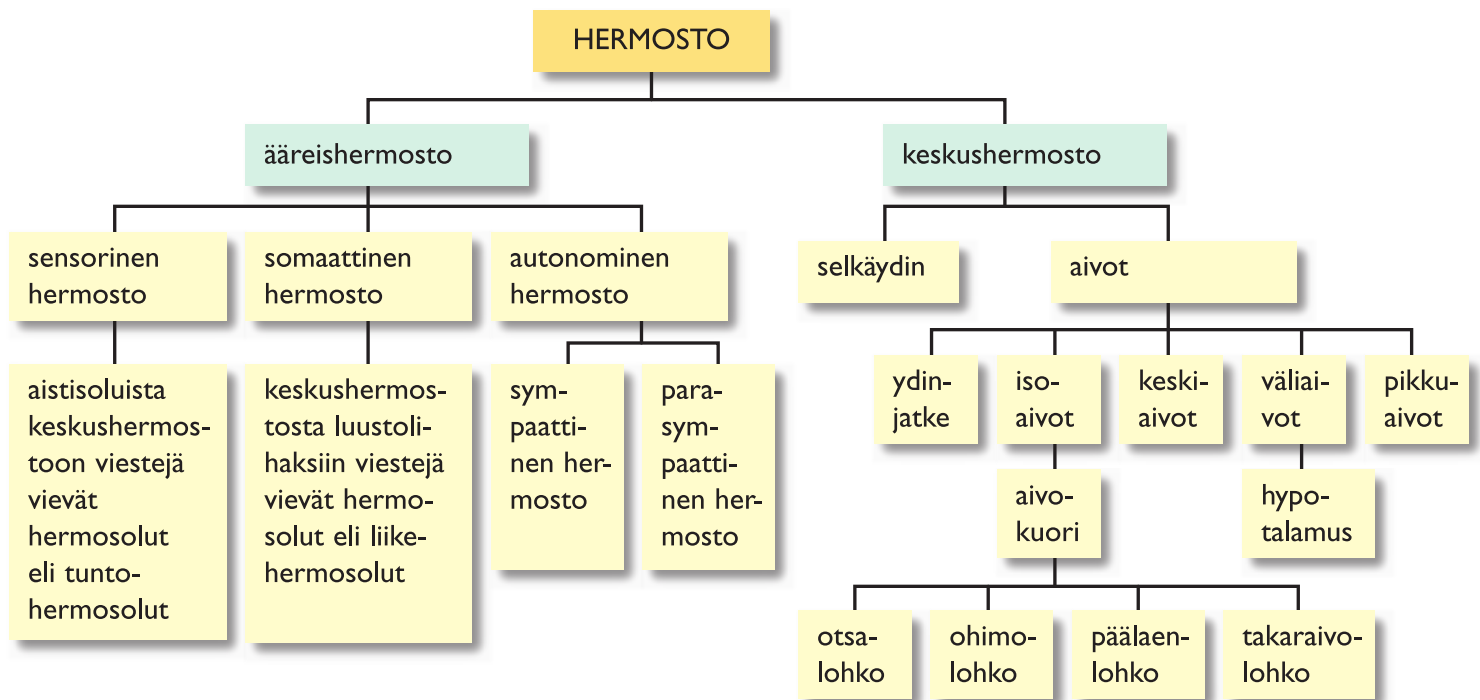


Aivorunko

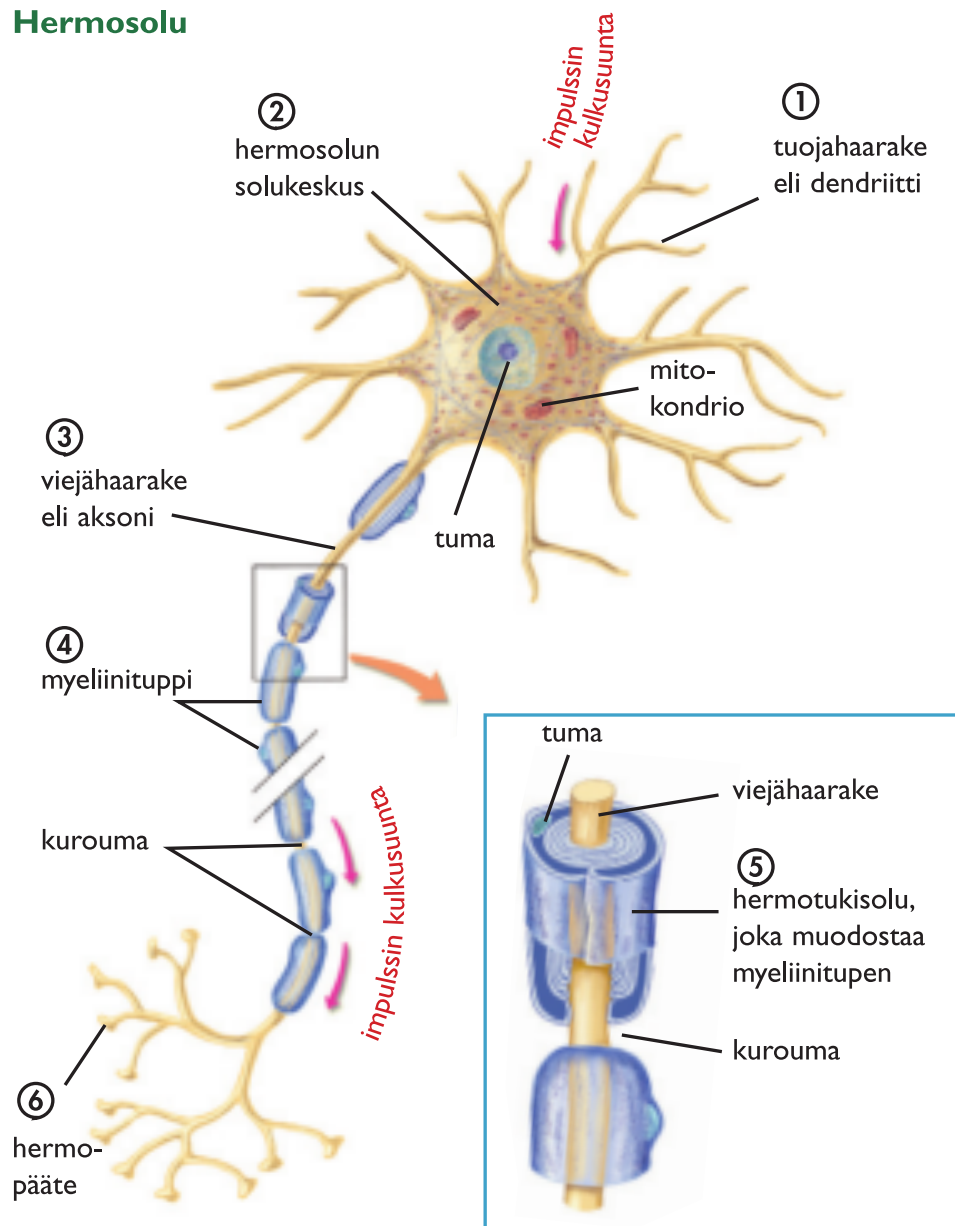
- yhdistää selkäytimen aivoihin
- ylläpitää automaattisia toimintoja
- aivorunkoon kuuluvat ydinjatke, aivosilta ja keskiaivot

Limbinen järjestelmä

- tunteet
- vaistot
- vietit
- motivaatio
- sijaitsee aivokuoren ja väliaivojen sisäosissa



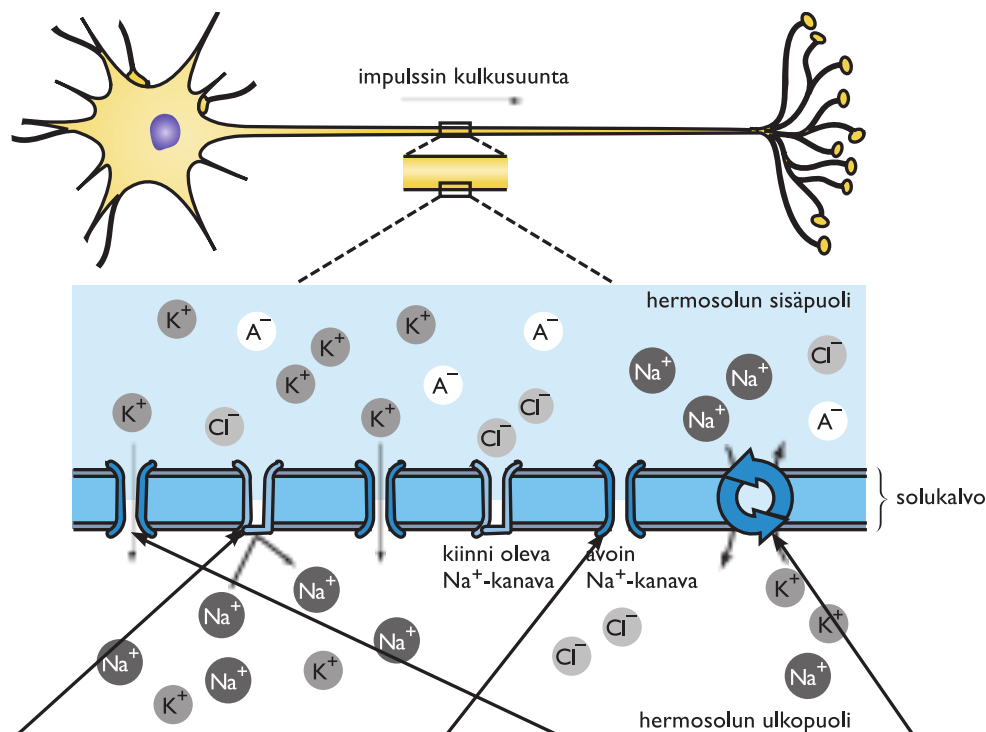
Hermosolu



Hermoston toiminta perustuu hermosolujen solukalvon sisä- ja ulkopinnan välisen sähkövarauksen muuttumiseen. Lepotilassa olevan hermosolun solukalvon sisäpuolella on negatiivinen ja ulkopuolella positiivinen varaus. Aistisoluista tai toisista hermosoluista tuleva ärsytys saa aikaan hermosolun solukalvon läpäisevyyden muutoksen, jolloin sähköisesti varautuneet ionit pääsevät liikkumaan solukalvon eri puolille. Näin syntyy toimintajännite. Impulssi lähtee liikkeelle, kun natriumkanavat aukeavat ja solukalvon sisäpuoli muuttuu positiivisesti varautuneeksi. Sähköinen impulssi siirtyy eteenpäin hermosolussa, koska jännitteen muutos saa aikaan solukalvon läpäisevyyden muuttumisen.

Hermo muodostuu rinnakkaisista hermosoluista, hermotukisoluista, sidekudoksesta ja verisuonista. Hermossa on sekä keskushermostosta poispäin että siihen päin impulsseja kuljettavia soluja. Yhdessä hermossa kulkee siis informaatiota vastakkaisiin suuntiin.

Hermosolun toiminta perustuu ionien siirtymiseen solukalvon läpi



1. Lepojännite

Lepojännitteen aikana suurin osa Na⁺-kanavista on kiinni. Solukalvon sisäpuoli on negatiivisesti varautunut ulkopuoleen verrattuna.

2. Toimintajännitteen synty

Hermosolun ärsytys saa aikaan Na⁺-kanavien aukeamisen, ja natriumioneja virtaa hermosolun sisäpuolelle nopeasti. Solukalvon sisäpuoli muuttuu positiivisesti varautuneeksi. Hermoimpulssi etenee hermosolussa.

3. Lepojännitteen palautuminen

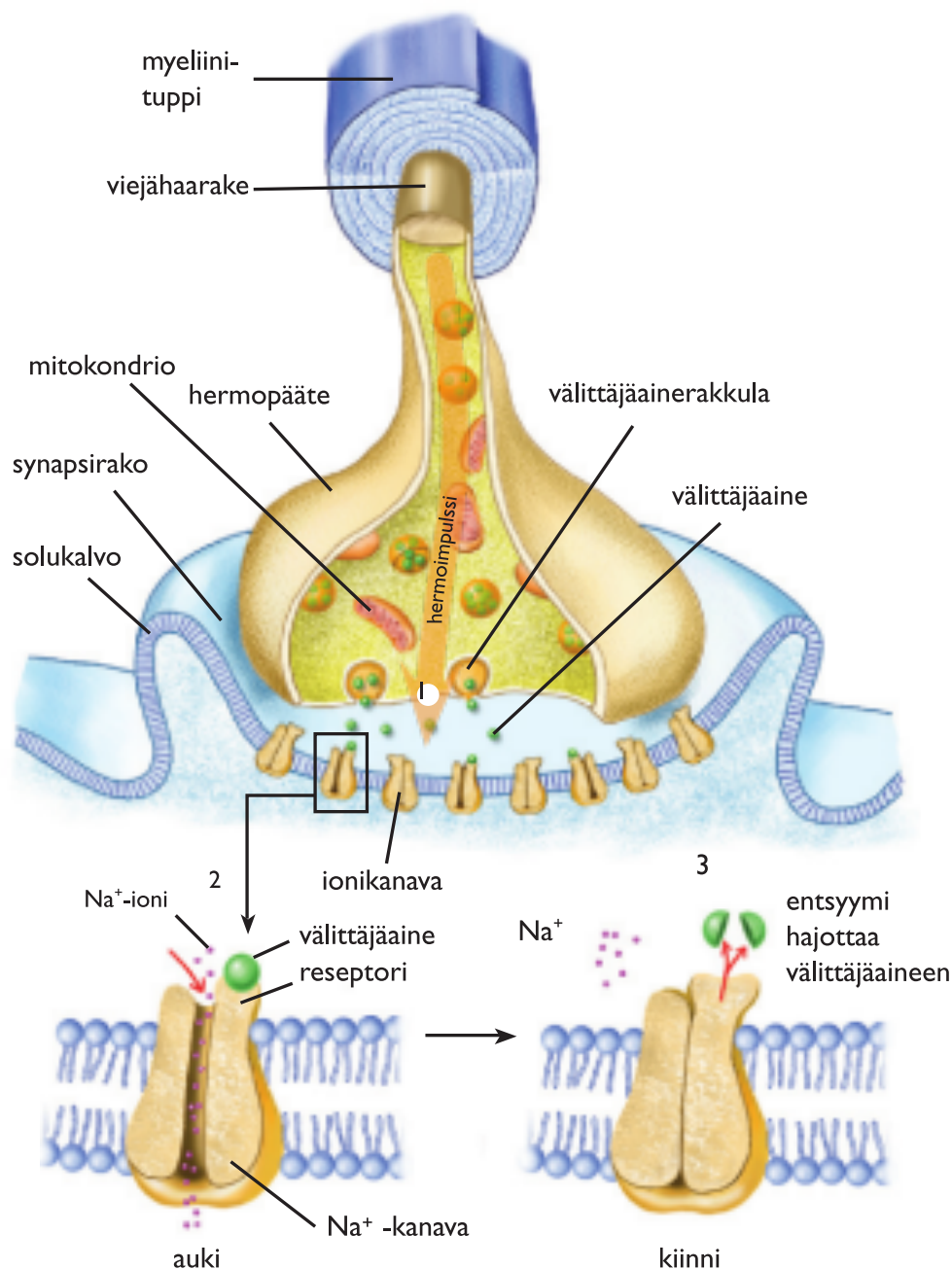
K⁺-kanavat aukeavat ja kaliumioneja virtaa solun ulkopuolelle, jolloin solun sisäpuolen negatiivinen varaus palautuu.

4. Ionien palauttaminen alkuperäisille puolille

Na⁺K⁺-pumppu palauttaa ionit alkuperäisille puolilleen solukalvoa. Vasta tämän jälkeen seuraava impulssi voi kulkea hermosolussa.

Hermosolujen välisiä liitoksia, synapseja, on valtavasti. Synapseja on myös hermo- ja lihassolujen välillä. Synapseissa viesti siirtyy eteenpäin välittäjäaineen avulla. Välittäjäaineita ovat muun muassa asetyyli-ko-liini, dopamiini ja noradrenaliini. Synapsien merkitys hermoimpuls-sien kulussa on tärkeä. Ne joko vaimentavat tai voimistavat viestien kulkua.

Synapsin rakenne ja toiminta



1. Hermoimpulssin saapuminen hermopäätteeseen saa siellä olevat välittäjäainerakkulat vapauttamaan välittäjäainetta synapsirakoon.
2. Välittäjäaine sitoutuu seuraavan hermosolun Na⁺-kanavan reseptoriin ja saa aikaan natriumkanavien aukeamisen. Näin vastaanottavassa solussa syntyy toimintajännite.
3. Kanavat sulkeutuvat, kun entsyymi hajottaa välittäjä-aineen nopeasti.

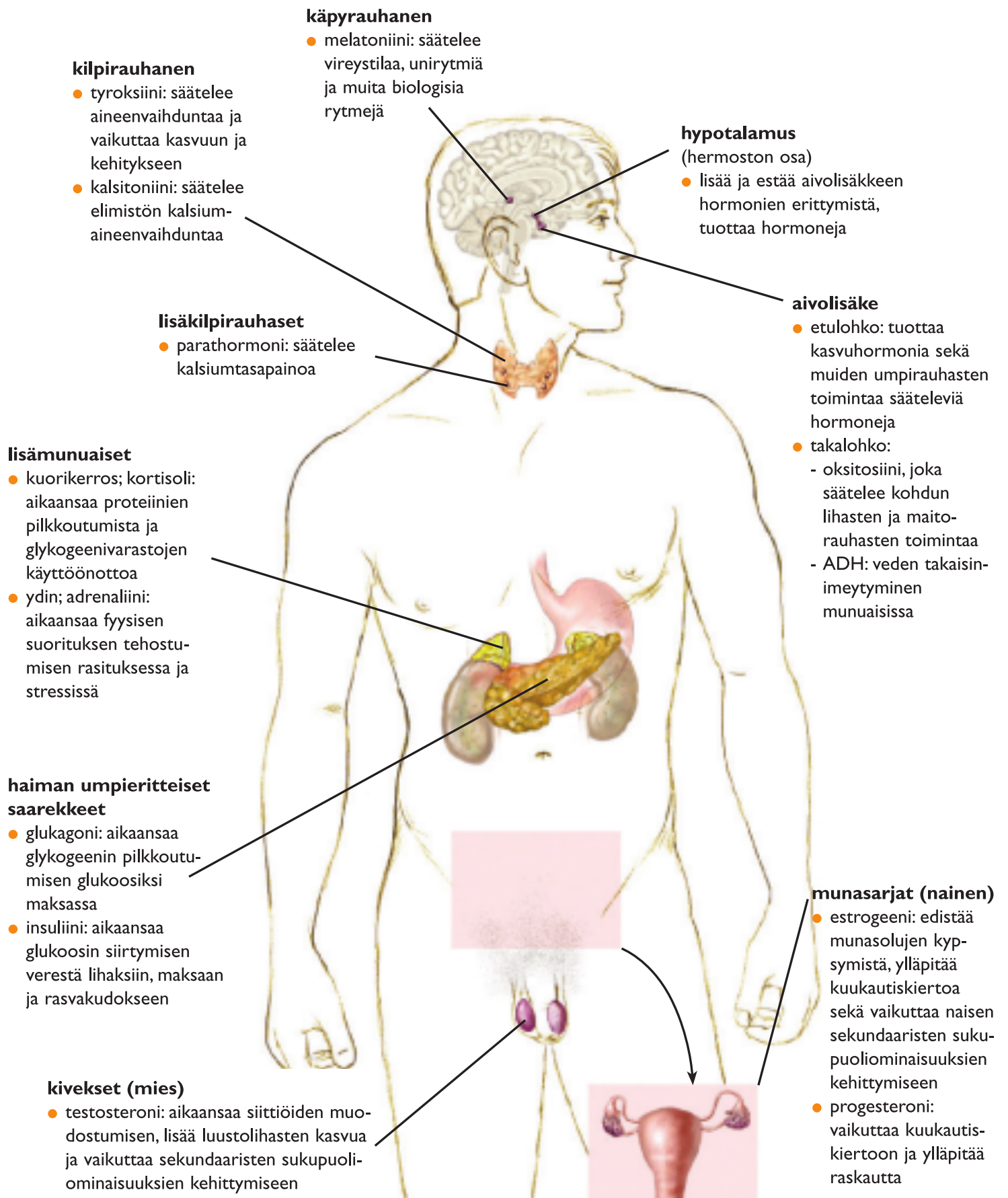
Hormonit säätelevät elimistön toimintaa kemiallisesti

Hormonit ovat umpirauhasista erittyviä kemiallisia viestiaineita. Hormonien avulla elimistö säätelee lähes kaikkea toimintaansa. Hormonit säätelevät sukupuolista kehitystä, kasvua ja aineenvaihduntaa, solujen energiansaantia, vuorokausirytmia ja vireystilaa. Jokainen hormoni vaikuttaa vain niihin soluihin, joissa on kyseisen hormonin vastaanottoon erikoistunut vastaanottajamolekyylillä, reseptori. Reseptori voi sijaita solukalvolla tai tumassa. Vesiliukoinen hormoni kiinnittyy solukalvon reseptoriin, joka siirtää viestin solulimaan. Tämä puolestaan yleensä aktivoi jonkin entsyymin toimintaa. Rasvaliukoinen hormoni pääsee suoraan solukalvon läpi solulimaan ja edelleen tumaan. Tumassa se kiinnittyy reseptoriin, mistä seuraa geenin toiminnan aktivoituminen tai estyminen.

Väliaivojen pohjassa sijaitseva hypothalamus säätelee hormonitoimintaa aivolisäkkeen välityksellä. Umpieritteiselle hormonisäätelylle on tyypillistä palautesäätely, jonka avulla hormonien määrä veressä pysyy oikeana. Jos esimerkiksi kilpirauhasen erittämän tyroksiinin määrä veressä nousee, hypothalamuksen ja aivolisäkkeen erittämien kilpirauhasen toimintaa kiihdyttävien hormonien erittyminen vähenee. Tämä vähentää tyroksiinin eritystä kilpirauhasessa, ja tyroksiinin määrä veressä laskee normaalille tasolle.

Elintoimintojen säätely	
Hermosto	Hormonit
• sähköinen ja kemiallinen • hermosolujen kautta • hyvin nopea • kohteena yksi solu • lyhytkestoinen • voimakkuus riippuu impulssien taajuudesta • välittäjäaineet	• kemiallinen • veren mukana • melko nopea • kohteena kudos tai elin • pitkävaikutteinen • voimakkuus riippuu hormonin määrästä

Umpirauhaset ja hormonit



TEHTÄVÄT

1. Hermosolun rakenne ja toiminta

- Piirrä hermosolu ja nimeä siihen sen osat. (2 p)
- Piirrä kaavakuva ja selitä sähköisen impulssin eteneminen hermosolussa. (4 p)

2. Autonomisen hermoston toiminta

Miten autonominen hermosto säätelee sisäelinten toimintaa

- levon aikana (3 p)
- stressitilanteessa? (3 p)

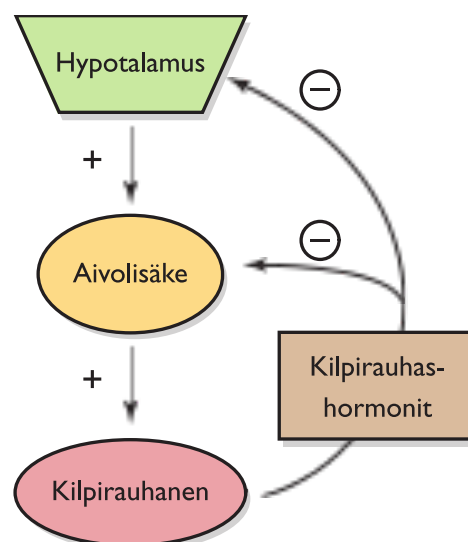
3. Käsiteparit

Selvitä, mitä seuraavat käsiteparit tarkoittavat ja miten ne liittyvät toisiinsa. (6 p)

- umpieritteinen - avoeritteinen rauhanen
- vesiliukoinen - rasvaliukoinen hormoni
- ääreishermosto - keskushermosto
- lepojännite - toimintajännite
- viejähaarake - tuojahaarake
- hypotalamus - aivolisäke

4. Aivolisäkkeen tuottamat hormonit

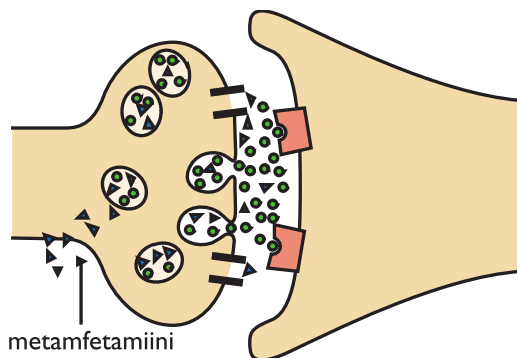
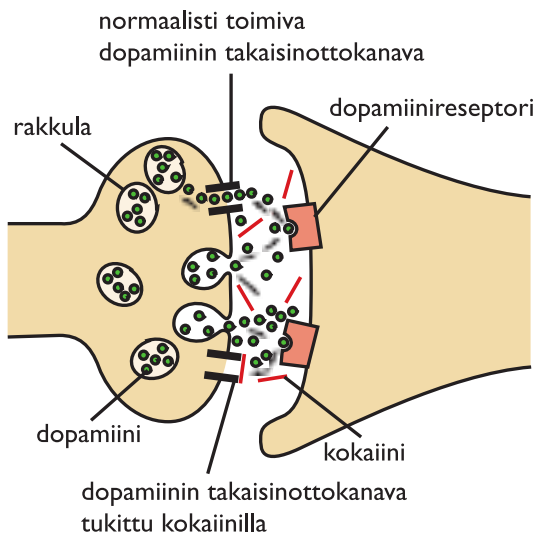
- Täytä alla oleva taulukko. (2 p)
- Lisää taulukkoon hypotalamuksen tuottamat, mutta aivolisäkkeen takalohkoon kulkeutuvat hormonit sekä niiden kohde-elin ja vaikutus. (1 p)
- Selitä oheista kaaviota hyväksi käyttäen hormonierityksen palautesäätely. (2 p)
- Miten hormonierityksen palautesäätely muuttuu, kun elimistöön tulee ylimääräistä hormonia ulkopuolelta, esimerkiksi dopingin käytössä? (1 p)



Hormoni	Kohde-elin	Vaikutus	Liika- tai vajaa- rityksen merkitys
kasvuhormoni			
prolaktiini			
luteinisoiva hormoni eli lutropiini (LH)			
follikkeleja stimuloiva hormoni eli follitropiini (FSH)			
kortikotropiini			
tyreotropiini			

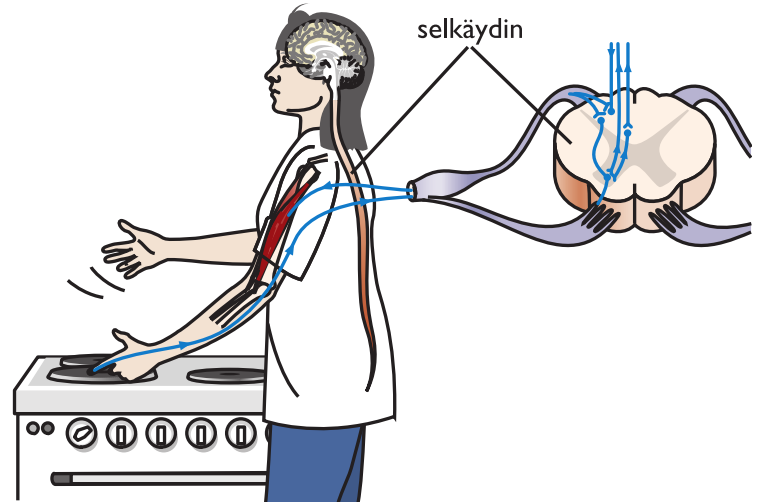
5. Huumeiden vaikutus hermoimpulssiin

- Piirrä kuva synapsista ja selitä piirroksesi avulla impulssin siirtyminen synapsissa. (3 p)
- Kokaiini ja metamfetamiini (synteettisesti valmistettu amfetamiinin johdannainen) vaikuttavat synapsien toimintaan. Tarkastele oheisia kuvia ja selitä, miten ne vaikuttavat hermoimpulssin kulkuun. (2 p)
- Mainitse esimerkkejä muista hermoston toimintaan vaikuttavista aineista. (1 p)

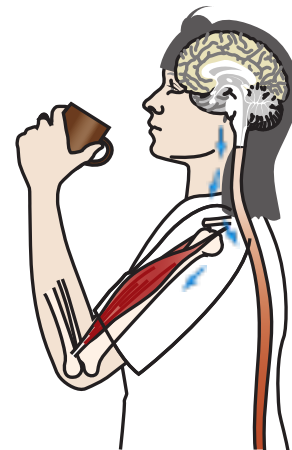


6. Refleksi ja tahdonalainen liike

- Selitä, mikä on refleksi. Selvitä kuvan avulla impulssin kulku, kun vetäiset sormesi pois kuumalta sähkölieden levyltä. Mainitse esimerkkejä muista reflekseistä. (3 p)



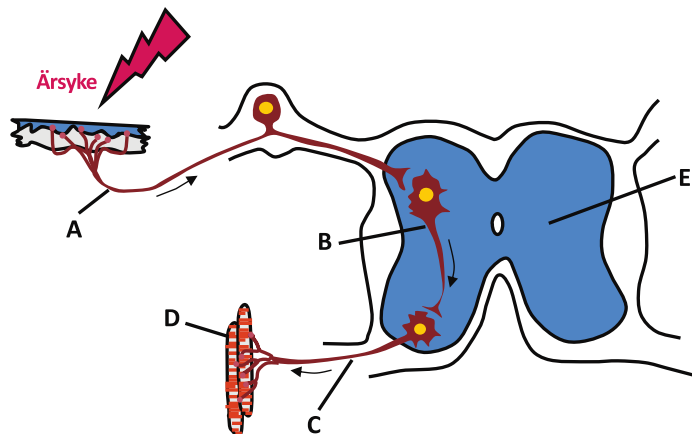
- Selitä, mitä tarkoittaa tahdonalainen liike ja selvitä kuvan avulla, miten impulssit kulkevat hermostossa, kun tyttö nostaa mukin. (3 p)



7. Hermostoon liittyvä ilmiö

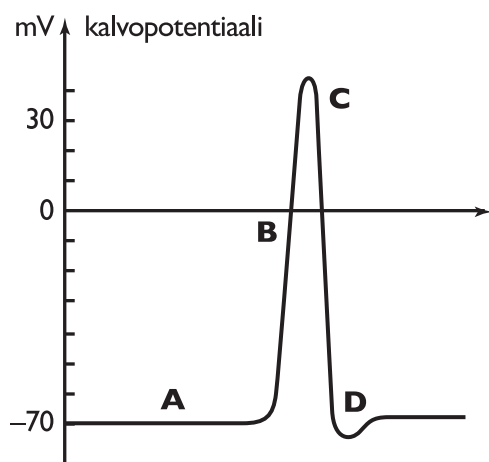
yo k-10

- Mitä ilmiötä alla oleva kuva esittää?
Kuvaa ilmiön kulku ja nimeä rakenteet A, B, C, D ja E. (4 p)
- Millä tavoin ilmiö liittyy kävelyn oppimiseen? (2 p)



8. Hermoimpulssin kulku

Diagrammi kuvaa hermosolun solukalvon sähköisiä muutoksia hermoimpulssin kulun eri vaiheissa. Selosta, mitä hermosolussa tapahtuu kaavion kohdissa A–D. (6 p)



9. Aistien ja hermoston yhteistyö

yo s-06

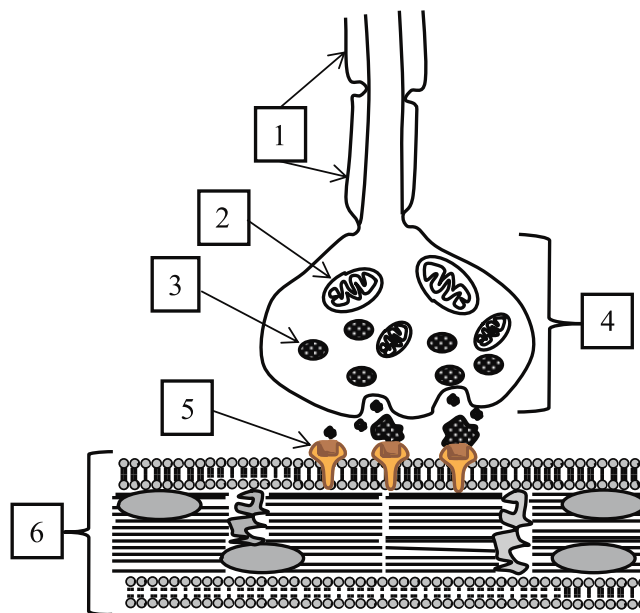
Tyttö lukee kirjaa aurinkoisella rannalla. Hän kohdistaa katseensa ulapalla purjehti-vaan laivaan ja kohottaa aurinkolasit silmiltään. Samalla tuulenpuuska lennättää hiekkaa tytön silmiin ja saa hänet hieromaan silmiään. Selitä seikkaperäisesti, miten silmä reagoi mainittuihin tapahtumiin ja mitä muutoksia ne aiheuttavat silmässä ja sen toiminnoissa. (6 p)

10. Hermomyrkyyn vaikutus

yo k-12

Käärmeen, kuten kobran, puremasta verenkiertoon siirtyvistä hermomyrkyistä osa estää asetyylikoliinin toiminnan, mikä johtaa poikki-juovaisten luustolihasten lamaantumiseen. Erityisesti pallea lamaantuu nopeasti.

- Nimeä oheisen kuvan numeroidut rakenteet 1–6. (3 p)
- Miksi pallean lamaantuminen johtaa nopeasti kuolemaan? (1 p)
- Millä tavoin sydänlihaksen supistuminen eroaa luustolihaksen supistumisesta? (2 p)



11. Biologisen kellon säätely

Apteekit myyvät melatoniinivalmisteita, joilla hoidetaan unettomuutta ja aikaerorasituksen oireita.

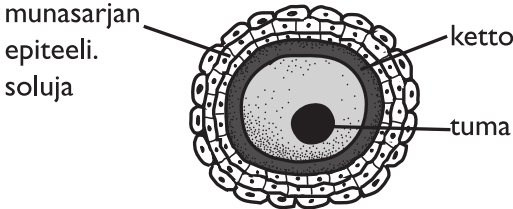
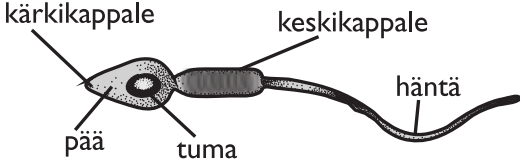
- Mikä umpirauhanen erittää melatoniinia? (1 p)
- Miten melatoniinin eritysvaihtelee eri vuorokauden aikoina ja elämänkaaren eri vaiheissa? (2 p)
- Mihin melatoniinivalmisteiden vaikutus perustuu? (3 p)

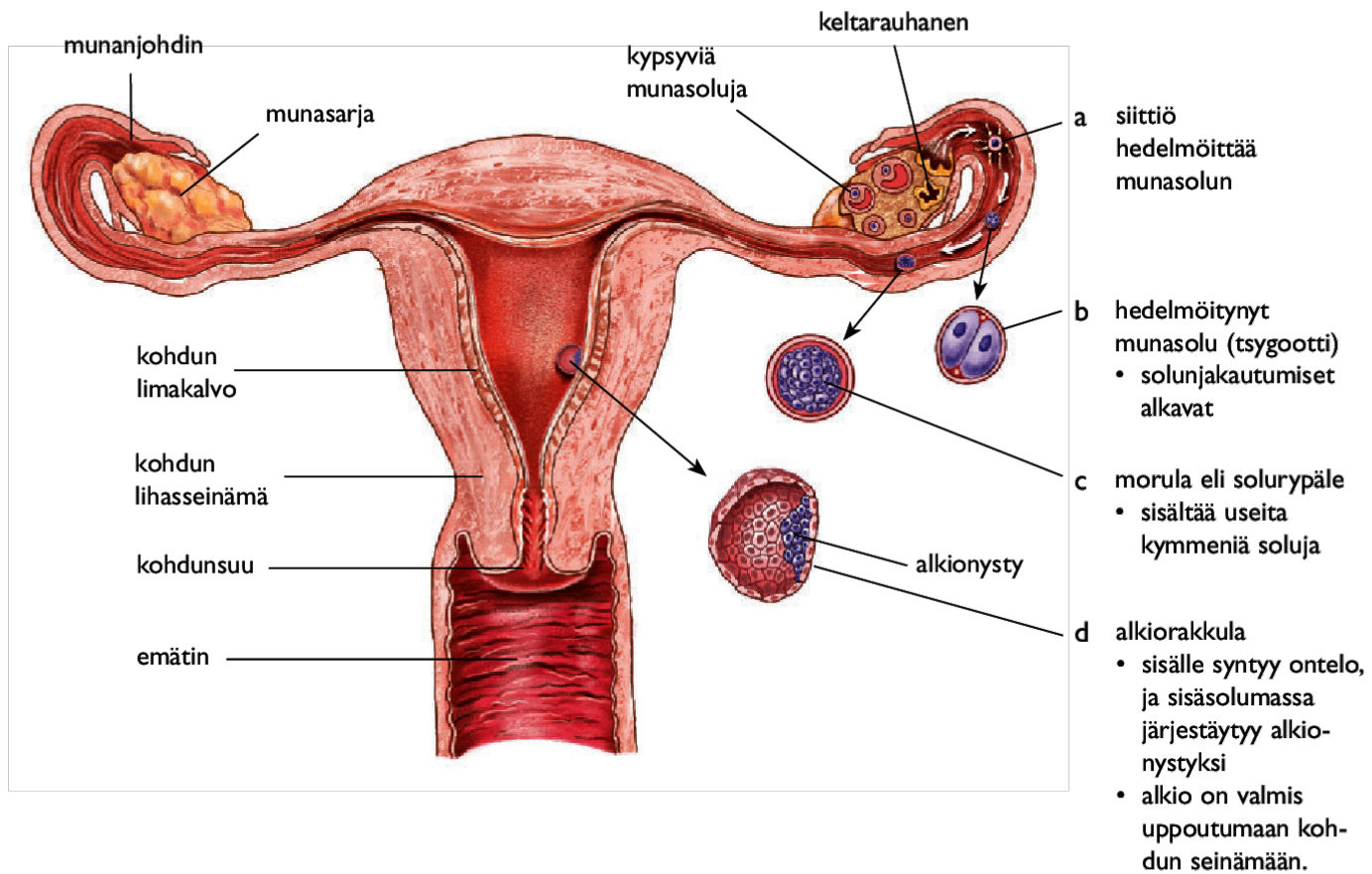


Uusi ihmisyksilö saa alkunsa, kun siittiön ja munasolun tumat yhtyvät. Sukusolut syntyvät meioosin tuloksena miehillä kiveksessä ja naisella munasarjoissa. Hedelmöitys tapahtuu munanjohtimessa, ja sikiö kehittyy kohdun suojassa. Lapsuus ja nuoruus ovat voimakkaan fyysisen kasvun aikaa. Ihmisen elämänskaaren aikana elimistössä tapahtuu lukuisia muutoksia.

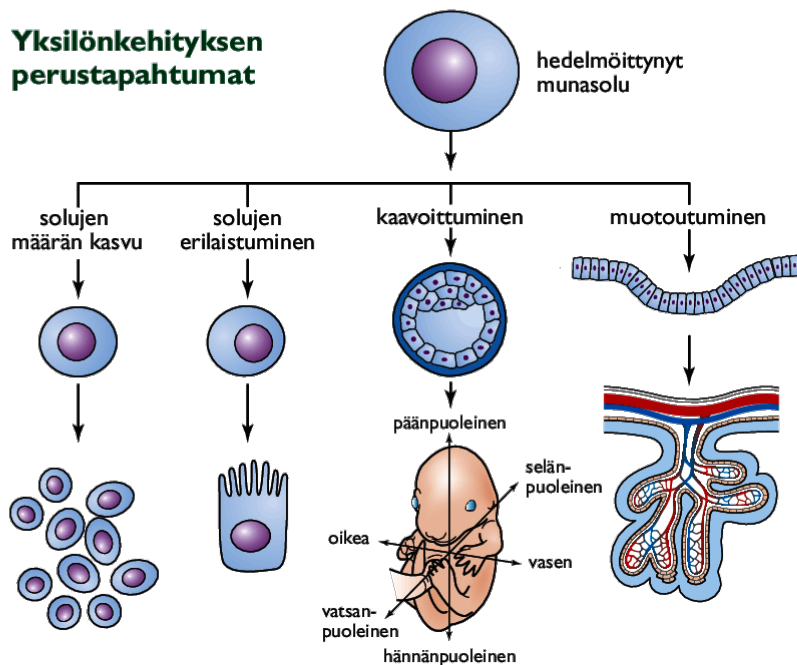
Ihmisen yksilönkehitys on geenien säätlemää

Hedelmöityksessä munasolun ja siittiön tumat yhdistyvät. Munanjohtimessa hedelmöitynyt munasolu jakautuu useita kertoja, siirtyy kohtuun ja kiinnittyy kohdun limakalvoon alkiorakkulana. Alkiorakkulan solut saavat ravinnon istukan kehittymiseen saakka kohdun limakalvon rauhasen eritteistä. Istukka ja napanuora huolehtivat kehittyvän sikiön hapen ja ravinnon saannista sekä kuona-aineiden poistosta. Aineiden siirtyminen perustuu pääasiassa diffuusioon eli aineiden siirtymiseen suuremmasta pitoisuudesta pienempään.

	
sukupuolikromosomi X ja 22 autosomia	sukupuolikromosomi X tai Y ja 22 autosomia
läpimitta n. 200 µm	pään läpimitta 20 µm
syntyy munasarjoissa	syntyy kiveksissä, kypsyy lisäkiveksissä
kypsyy keskimäärin yksi/kuukausi	kypsyy miljoonia/vrk
säilyy ovulaation jälkeen hedelmöitymiskykyisenä noin vuorokauden	säilyy elinkykyisenä naisen elimistössä 3–5 vuorokautta
ovulaatiot päättyvät vaihdevuosien aikana	tuotto jatkuu pitkälle vanhuuteen



Yksilönkehityksen perustapahtumat

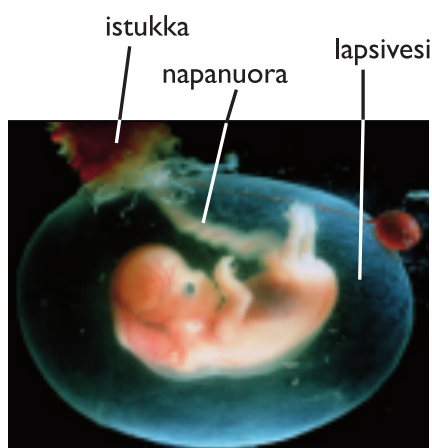


Hedelmöitys tapahtuu munanjohd-
timessa. Kun munasolun ja siittiön
tumat ovat yhtyneet, alkavat solun-
jakautumiset. Samalla alkio kulkeu-
tuu kohti kohtua.

Yksilönkehityksen neljä perus-
tapahtumaa ovat solujen määrän
kasvu, solujen erilaistuminen, kaa-
voittuminen eli kolmiulotteisuuden
synty ja muotoutuminen eli elinten
ja ruumiinosien synty. Yksilönke-
hitystä säätelevät samat kehitysgee-
nit kuin muillakin selkärangkaisilla.
Solujen välinen viestintä ja erila-
istumisen säätely tapahtuvat kehi-
tysgeenien sisältämien ohjeiden
mukaan. Muotoutumista ja solujen
erilaistumista ohjaavat pääasiassa
kasvutekijät.

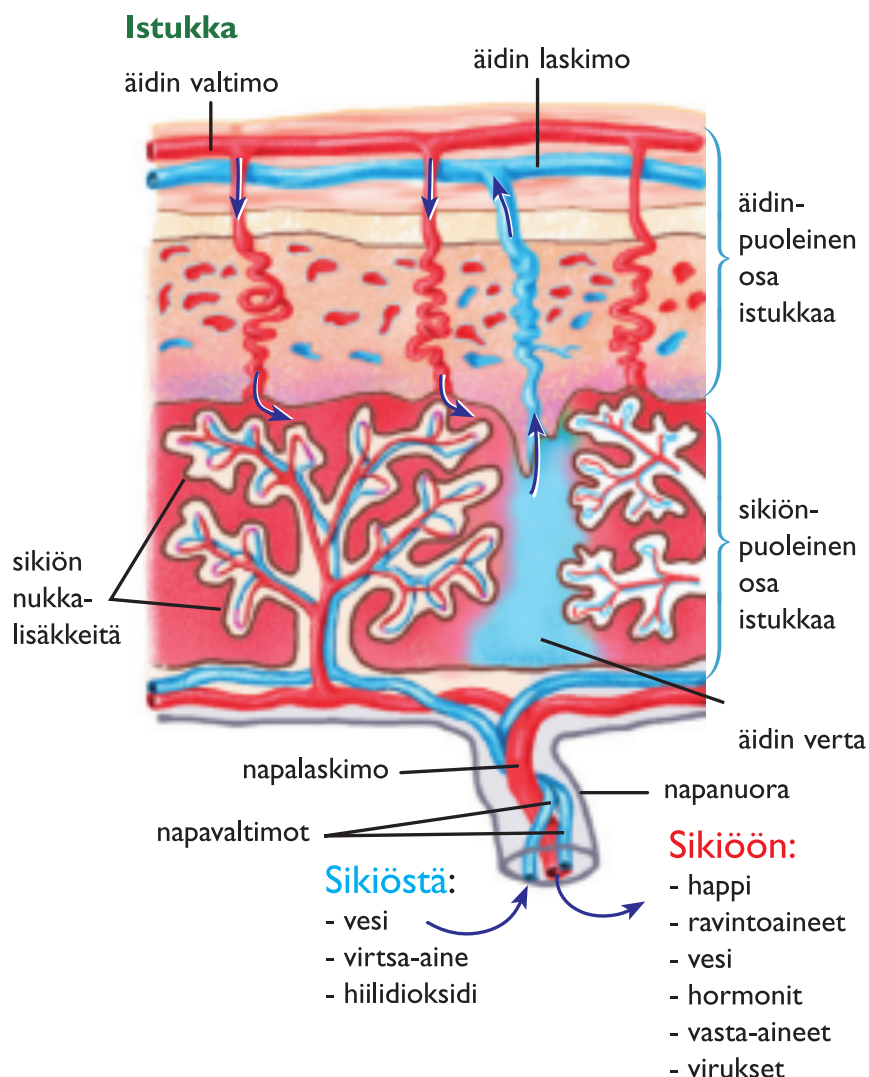
Alkiokerrokset

Alkio-kerros	Erilaistuvat kudokset ja elimet
Sisä-kerros	hengitys- ja ruu-ansulatuselimistön epiteelikudokset
Keski-kerros	verenkierro- ja erityselimistö, sukupuolielimet, tuki- ja lihaskudos
Ulko-kerros	keskushermosto ja ääreishermosto, iho



Alkiovaihe kestää 9. raskausviikon alkuun saakka. Sikiökalvot kehittyvät alkiovaiheen alussa ja alkiovaiheen aikana kaikki kudokset ja elimet erilaistuvat. Alkio on 8 viikon ikäisenä noin 4–5 cm:n pituinen. Tästä eteenpäin puhutaan sikiönkehityksestä. Sikiö kasvaa voimakkaasti kehityksensä aikana. Keskimääräinen raskauden kesto on noin 40 viikkoa.

Istukka ja napanuora huolehtivat sikiön ravitsemuksesta ja kuona-aineiden poistosta. Sikiön ja äidin verenkierrat eivät sekoitu keskenään, vaan aineet siirtyvät istukan nukkalisäkkeiden seinämän solujen kautta. Hapetta, hormoneja, vasta-aineita ja ravintoaineita sisältävä veri kulkee sikiöön napalaskimoon pitkin. Hiilidioksidi ja muut kuona-aineet poistuvat sikiöstä napa-valtimoon pitkin.

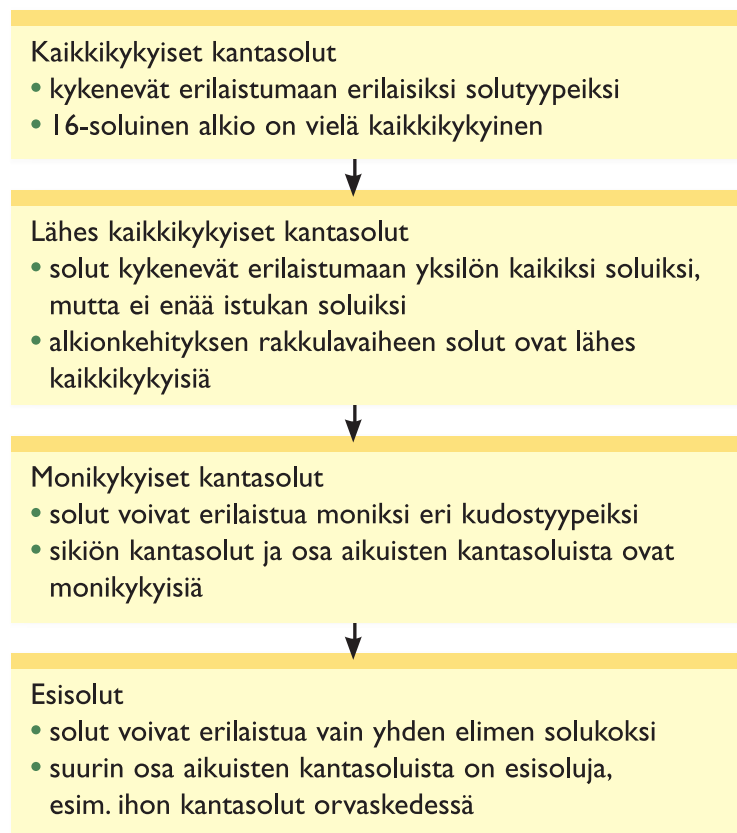


Raskauden lähestyessä loppuaan istukan toiminta muuttuu. Progesteronin määrä veressä pienenee ja estrogeenin määrä kasvaa. Aivolisäkkeestä erittyy oksitosiinia, joka saa aikaan kohdun seinämän lihasten supistelun. Synnytyksessä erotetaan kolme vaihetta: avautumis-, ponnistus- ja jälkeisvaihe.

Syntymän jälkeen lapsi alkaa hengittää omilla keuhkoillaan, sydämen eteisten välinen aukko umpeutuu ja keuhkovaltimon ja aortan välinen yhteys sulkeutuu.

Kaikki yksilön solut ovat peräisin hedelmöityneestä munasolusta mitoottisesti syntyneistä, erilaistumattomista soluista. Näitä soluja kutsutaan kaikkikykyisiksi kantasoluiksi. Ne jakautuvat edelleen ja kykenevät erilaistumaan yksilön kehityksen aikana geenien ohjeiden mukaisesti erilaisiksi solulinjoiksi, joista sitten kehittyy eri kudostyypppejä.

Nisäkkään kantasolutyypit



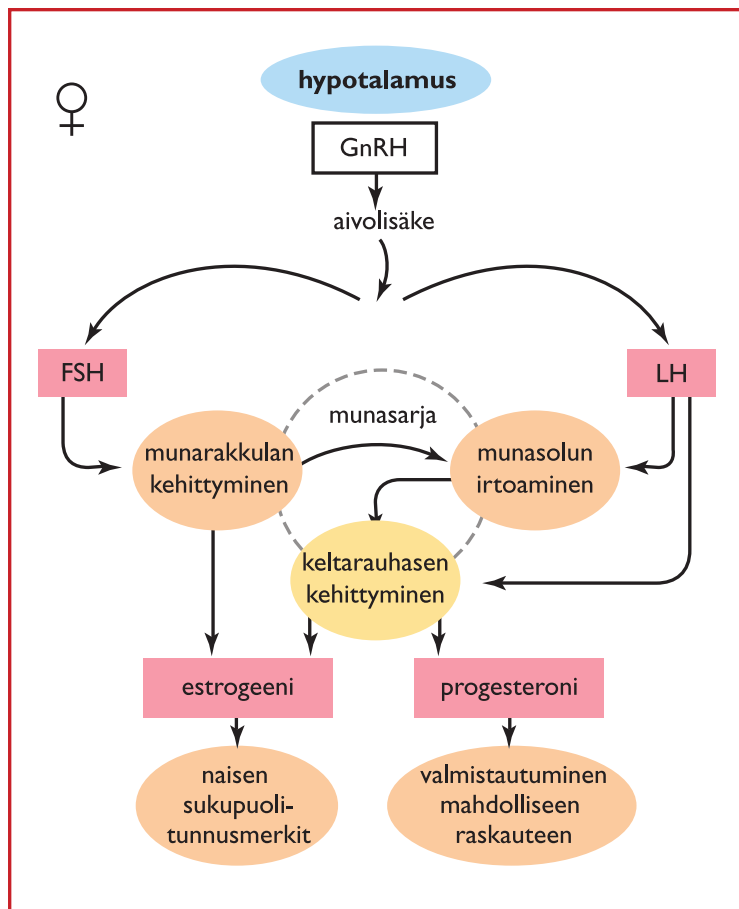
kyky erilaistua vähenee

Ihmissen elämänsä aikana elimistössä tapahtuu monia muutoksia

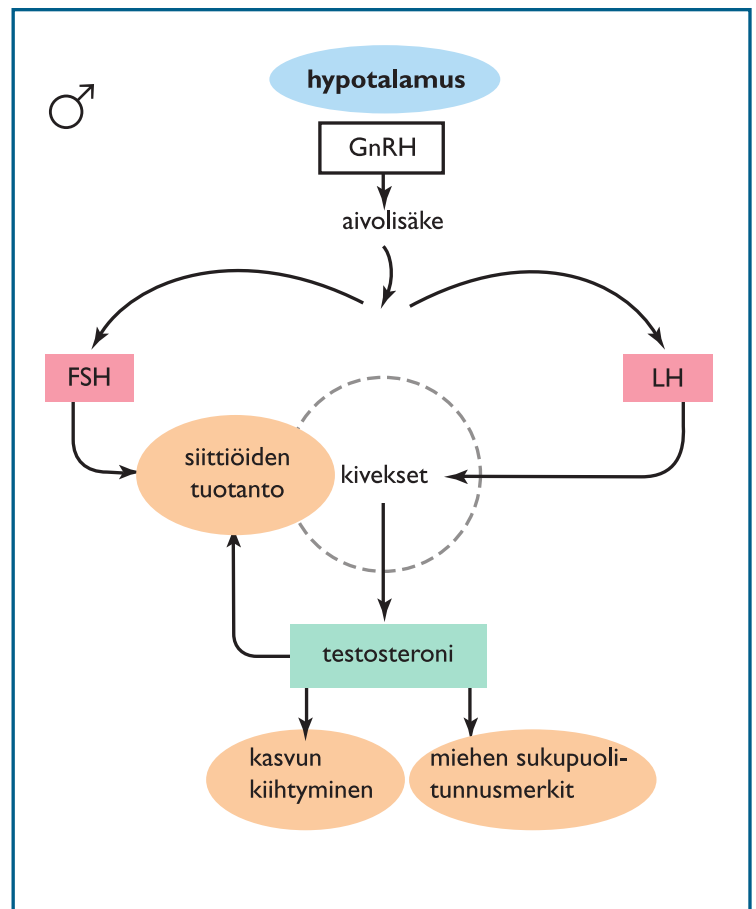
Pitkä lapsuus on ihmiselle lajityypillinen piirre. Lapsi kasvaa, hänen aivonsa kehittyvät ja hän oppii tarvittavia tietoja ja taitoja. Ihmissen pituuskasvuun vaikuttavat geenit ja ympäristötekijät, jotka vaikuttavat hormonien tuotantoon. Ihminen saavuttaa sukukypsyyden murrosiässä. Aivolisäkkeen hormonit käynnistävät sukupuolielinten kasvun ja sukupuolihormonien erityksen sukupuolirauhasissa.

Ihmissen kehitys jatkuu läpi elämän, ja elimistö muuttuu iän myötä. Muutoksia tapahtuu mm. hermostossa ja hormonierityksessä. Keskimääräinen elinikä on länsimaissa pidentynyt parantuneen lääketieteen sekä hyvän hygienian ja ravinnon vuoksi. Nykyisin ihminen katsotaan kuolleeksi, kun aivotoinnot ovat loppuneet.

Tytössä tapahtuvat hormonimuutokset murrosiän alkaessa



Pojassa tapahtuvat hormonimuutokset murrosiän alkaessa

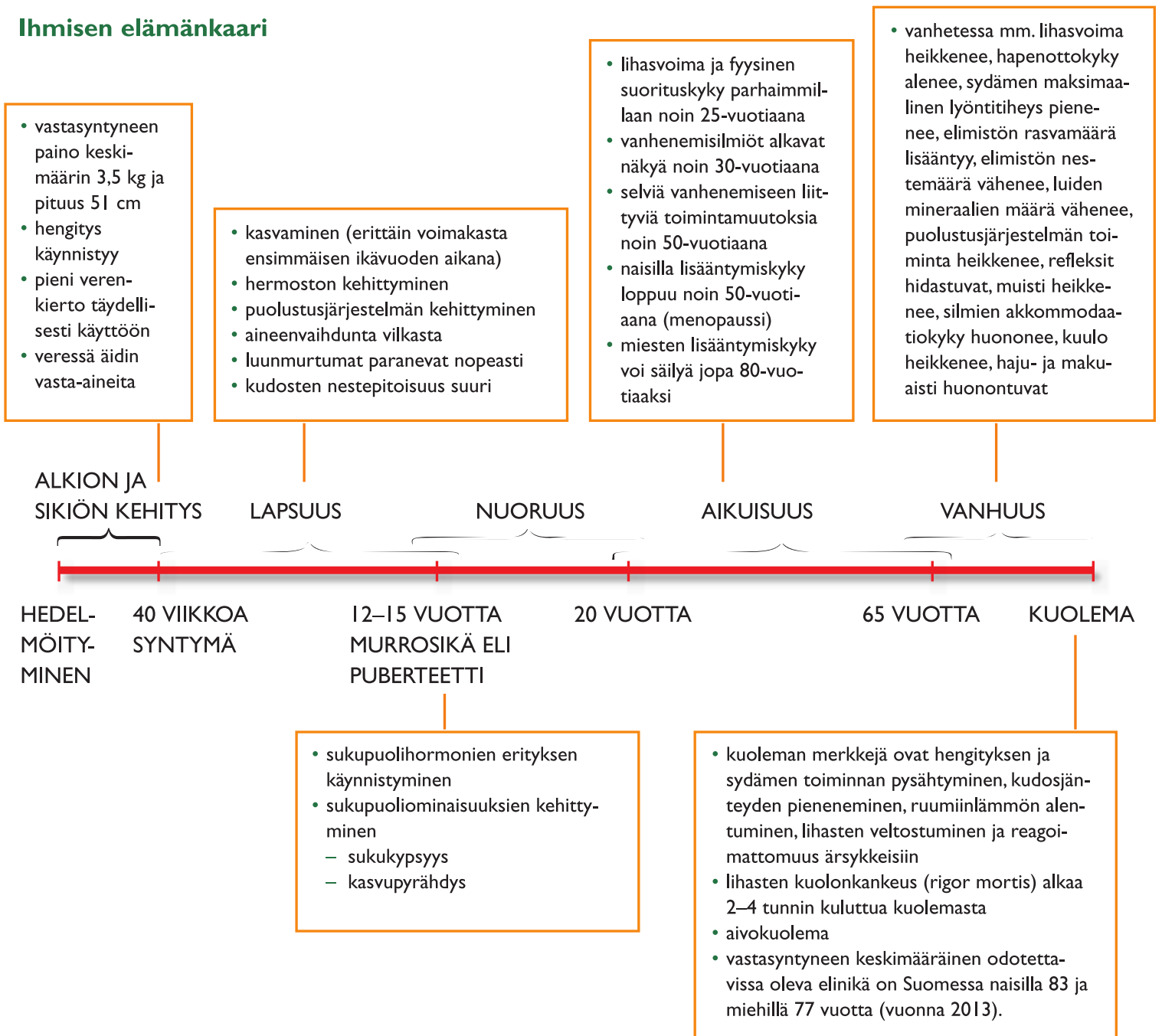


GnRH = hypotalamuksesta vapautuva hormoni saa aikaan FSH:n ja LH:n erittymisen aivolisäkkeestä

FSH = follikkeleita stimuloiva hormoni

LH = luteinisoiva hormoni

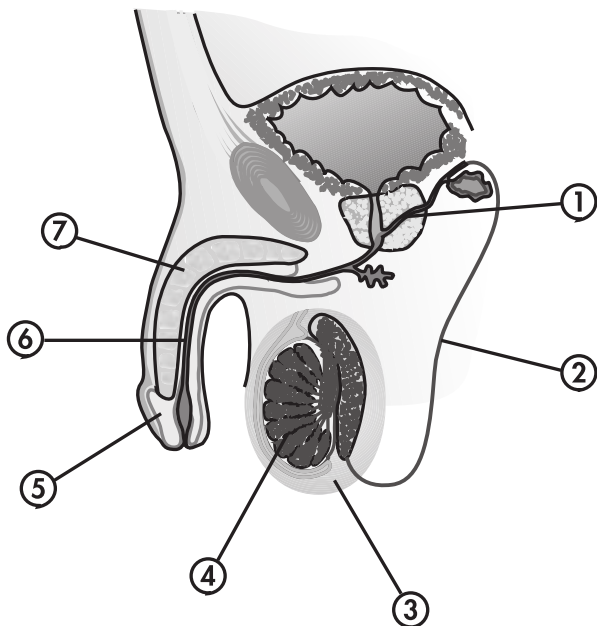
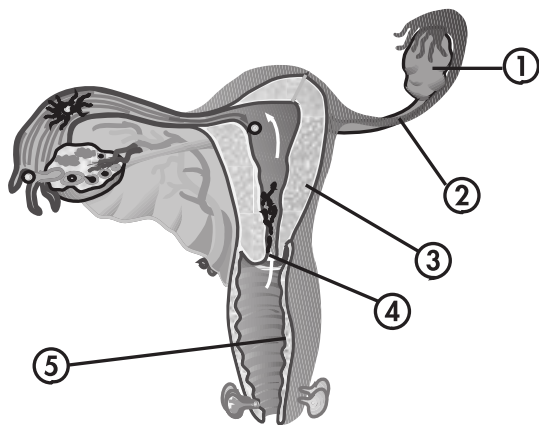
Ihmisen elämäнкаari



TEHTÄVÄT

I. Naisen ja miehen sukupuolielimistöjen osat

- Nimeä kuvaan numeroidut naisen sukupuolielimistön osat. (3 p)
- Nimeä kuvaan numeroidut miehen sukupuolielimistön osat. (3 p)



2. Yksilönkehitykseen liittyviä käsitteitä

Kirjoita lyhyt määritelmä seuraaville käsitteille.

(6 p)

- gastrulaatio
- neurulaatio
- hedelmöitys
- muotoutuminen
- kaavoittuminen
- alkiokerrokset

3. Sikiö kohdussa

- Selitä, mikä merkitys kohdussa kehittyvälle yksilölle on sikiökalvoilla, lapsivedellä, istukalla ja napanuoralla. (3 p)
- Mitkä ympäristöön ja äidin elintapoihin liittyvät tekijät vaikuttavat kehittyvään yksilöön? (3 p)

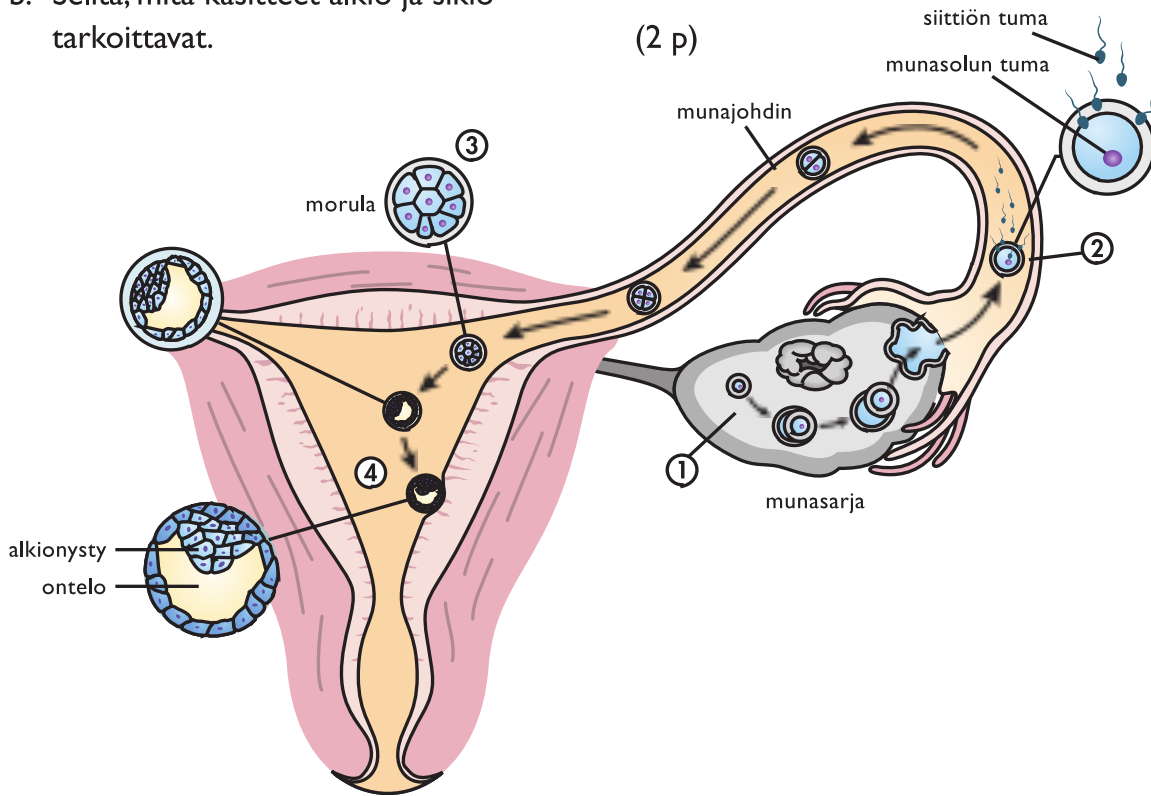
4. Ihmisen pituuskasvu ja fyysinen kehittyminen

Mitkä hormonit vaikuttavat ihmisen fyysiseen kasvuun ja kehitykseen? Mistä niitä erittyy, missä elämänvaiheessa niitä erittyy ja miten ne vaikuttavat? (6 p)

5. Ihmisyksilön elämän alku

a. Selitä lyhyesti, mitä kuvan vaiheissa (1–4) tapahtuu. (4 p)

b. Selitä, mitä käsitteet alkio ja sikiö tarkoittavat. (2 p)



6. Naisen kuukautiskierto

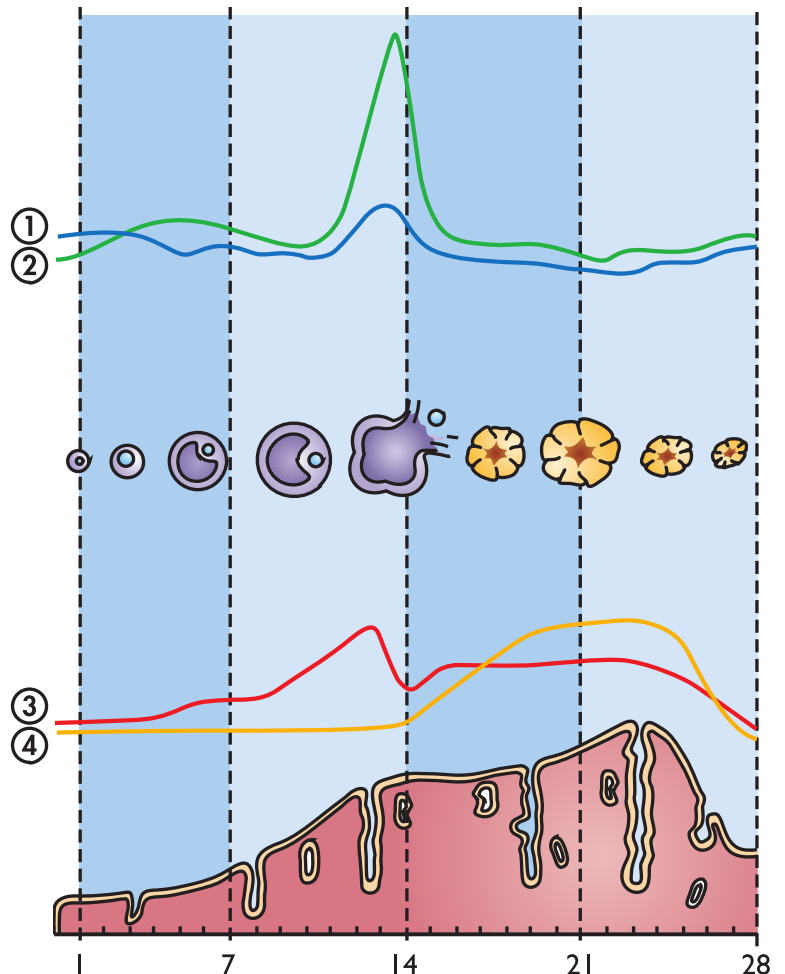
Selitä hormonien 1–4 erityksen ja limakalvon muutokset naisen kuukautiskierron seuraavissa vaiheissa.

a. kierron päivät 1–12 (1,5 p)

b. ovulaatio (1,5 p)

c. kierron päivät ovulaatiosta seuraavaan kuukautisvuotoon (1,5 p)

d. Selosta, mitä muutoksia hormonierityksessä tapahtuu, kun munasolu hedelmöityy. (1,5 p)



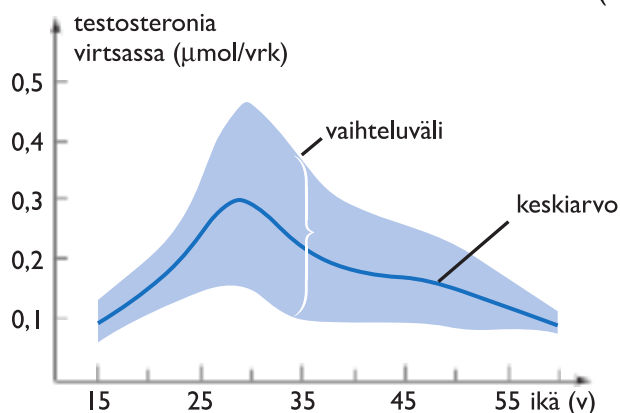
7. Alkio- ja sikiötutkimukset

Alkiota ja sikiötä tutkitaan monin tavoin. Selitä, mitä seuraavissa tutkimuksissa saadaan selville ja miten tutkimukset tehdään.

- a. lapsivesitutkimus (2 p)
- b. ultraäänitutkimus (2 p)
- c. geenitestit (2 p)

8. Kivesten ja lisäkivesten toiminta

- a. Mitkä hormonit säätelevät siittiöiden tuotantoa? (1 p)
- b. Mikä tehtävä on kivesten tuki- ja välisoluilla? (1 p)
- c. Miten siemenneste syntyy ja mikä on sen merkitys? (1 p)
- d. Selitä diagrammin avulla, miten testosteronin määrä vaihtelee miehen iän mukaan. (2 p)
- e. Miten aivolisäke ohjaa miehen hormonitoimintaa? (1 p)



9. Ihmisen elämänskaari

- a. Selitä, mitä muutoksia ihmisen elimistössä tapahtuu ikääntyessä. (3 p)
- b. Mitkä tekijät vaikuttavat eliniän pituuteen? (1 p)
- c. Teollisuusmaissa keskimääräinen elinikä on 80 vuotta ja joissakin Afrikan valtioissa jopa alle 50 vuotta. Mistä erot johtuvat? (2 p)

+10. Ihmisalkion kehittyminen

Ihmisalkion kehittyminen hedelmöityksestä täysiaikaiseksi sikiöksi. (9 p)

+11. Miehen ja naisen sukusolut

Vertaa miehen ja naisen sukusolujen kehittymistä sukupuolirauhasissa sekä sukusolujen syntyyn johtavaa solunjakautumista. Kuvaa myös valmiin munasolun ja siittiön rakennetta ja tarkoituksenmukaisuutta. (9 p)

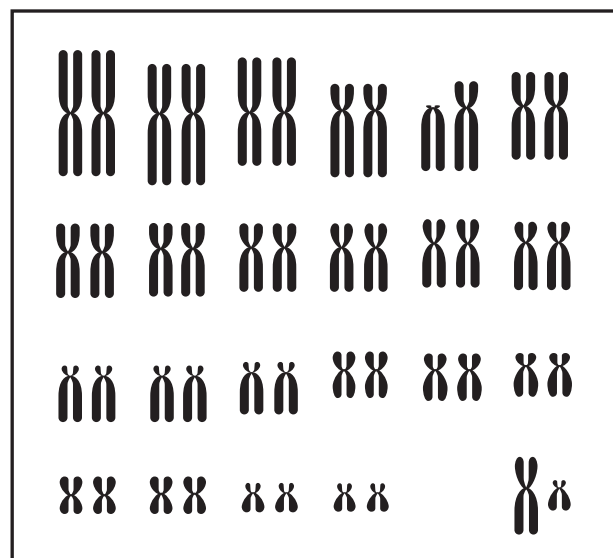
12. Mutaatioita ihmisen perimässä

yo k-07

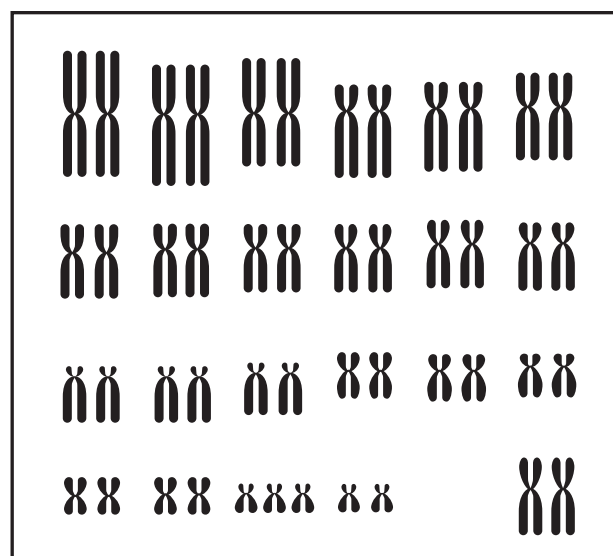
Ihmisen kromosomihäiriöiden diagnosoimiseksi laaditaan tarvittaessa karyogrammi, jossa näkyvät kaikki kromosomit pareittain koon mukaan ryhmiteltyinä (kuissa vasemmassa yläkulmassa on 1. kromosomipari ja oikeassa alakulmassa 23. eli sukupuolikromosomipari).

- a. Jos halutaan tutkia sikiötä, mistä kudoksista näytteet saadaan ja miten niitä tutkitaan? (2 p)
- b. Missä vaiheessa olevista soluista kuvan kromosomit on kuvattu? Perustele päätelmäsi. (1 p)
- c. Tarkastele oheisia karyogrammeja A ja B. Millaisista kromosomipoikkeamista on kyse ja millaisia ennusteita voidaan antaa henkilöiden A ja B syntymän jälkeisestä kehityksestä? (3 p)

A



B



Geenitekniikan menetelmiä käytetään bioteknologiassa



Bioteknologiassa hyödynnetään eliöitä, eläviä soluja ja niiden osia sekä molekyylejä. Bioteknologia voidaan jakaa perinteiseen ja moderniin bioteknologiaan. Perinteistä bioteknologiaa on esimerkiksi ruokien ja juomien valmistaminen mikrobien avulla. Bioteknologiaa hyödynnetään nykyisin useilla aloilla, kuten yksilöntunnistuksessa, lääketieteessä, teollisuudessa ja jalostuksessa sekä niihin kaikkiin liittyvässä tutkimuksessa.

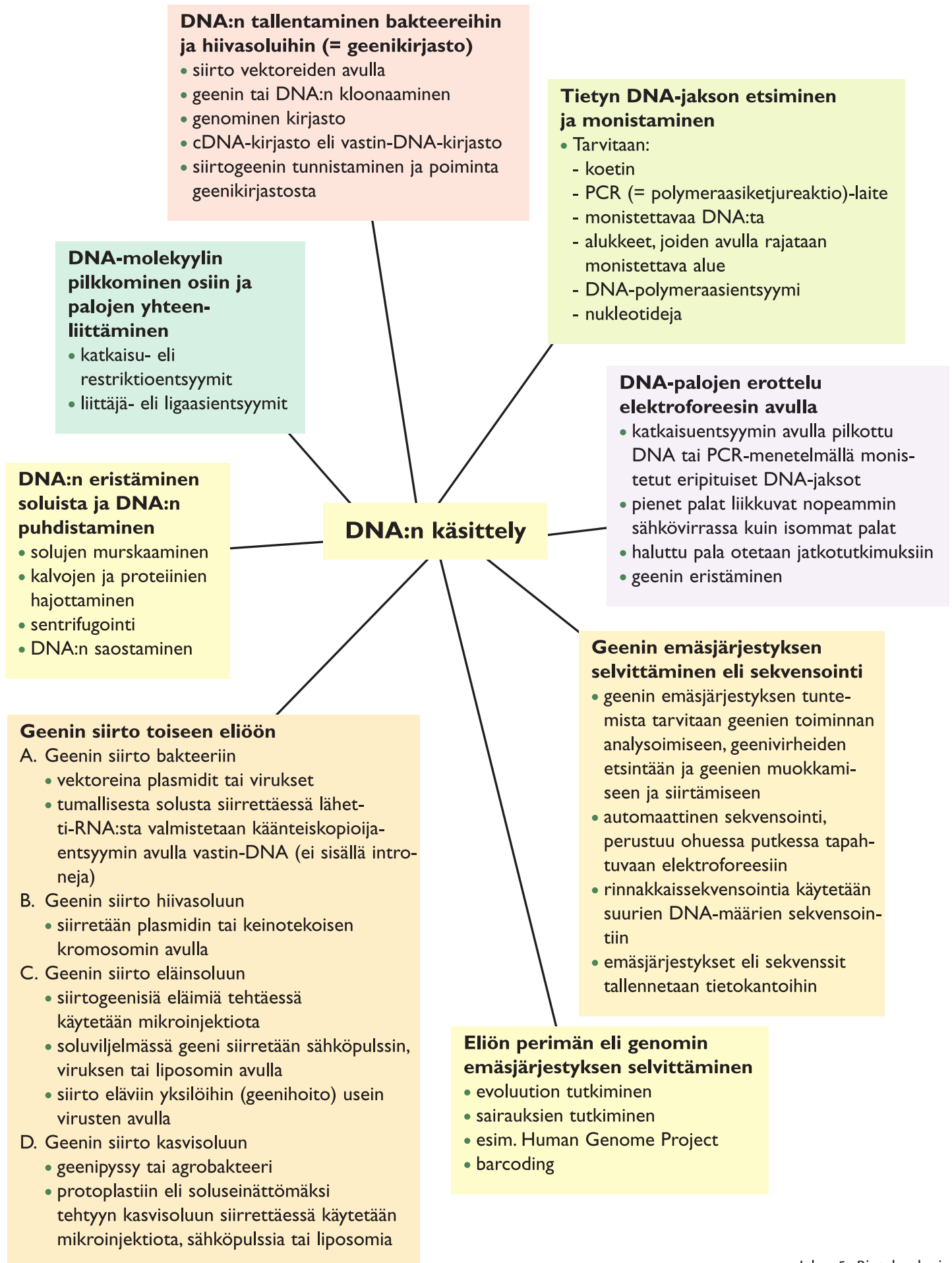
Geenitekniikan avulla tutkitaan ja muokataan perimää

Geenitekniikalla tarkoitetaan perintöaineksen eristämistä, analysointia, muokkaamista ja siirtämistä muihin soluihin tai eliöihin. Geenitekniikan menetelmät perustuvat suurelta osin nopein harppauksin kehittyviin molekyylibiologiaan ja mikrobigenetiikkaan. Keskeisiä työkaluja geenitekniikassa ovat monenlaiset entsyymit.

Geenitekniikassa käytettäviä entsyymejä

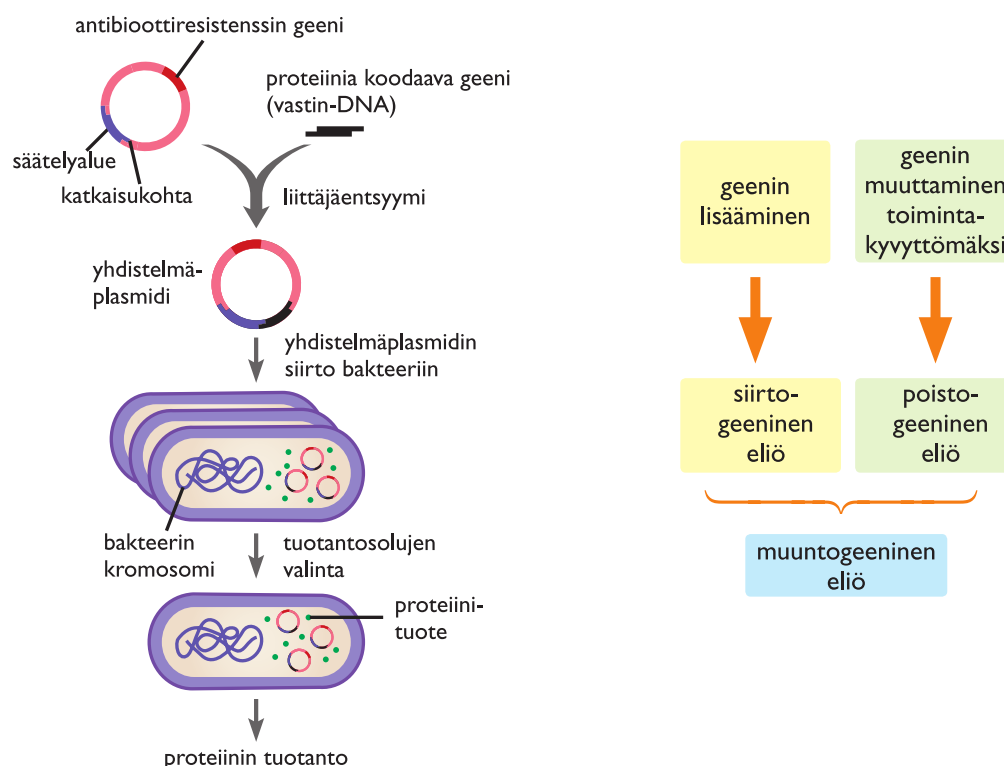
Entsyymi	Merkitys
DNA-polymeraasi	rakentaa nukleotideista DNA-ketjua emäspariperiaatteen mukaisesti
RNA-polymeraasi	rakentaa nukleotideista RNA-molekyylin DNA-juosteen mallin mukaisesti
katkaisu- eli restriktioentsyymit	katkaisevat DNA-rihman kullekin luonteenomaisesta kohdasta
liittäjä- eli ligaasientsyymit	liittävät irrallaan olevat DNA-juosteiden päät toisiinsa
käänteiskopioijaentsyymi	kopioi RNA:n emäsjärjestyksen DNA:n emäsjärjestykseksi (vastin-DNA:ksi)
proteaasit	yhteisnimi erilaisille proteiineja pilkkoville entsyymeille

DNA:n käsittelyyn liittyy monia erilaisia vaihteita ja menetelmiä



Geenin siirto bakteeriin

Bakteereissa tapahtuvaa proteiinien tuottoa varten tehdään yhdistelmäplasmidi, jossa proteiinia koodaavan osan eteen on liitetty sopiva säätelyalue. Antibioottiresistenssin geeni mahdollistaa antibioottivieron. Vieraan proteiinin tuottaminen on bakteerille haitta ja rasite, joten yhdistelmäplasmidin sisältävät bakteerit häviävät vähitellen bakteeriviljelmästä, ellei ravintoalustassa ole koko ajan antibioottia.



Geenejä, soluja ja yksilöitä kloonataan

Kloonaukseen käytetään niin geeni-, solu- kuin yksilötasolla. Luonnossa kloonautumista tapahtuu suvuttomasti lisääntyvillä eliöillä. Eläimillä luonnollinen kloonautuminen on harvinaista.

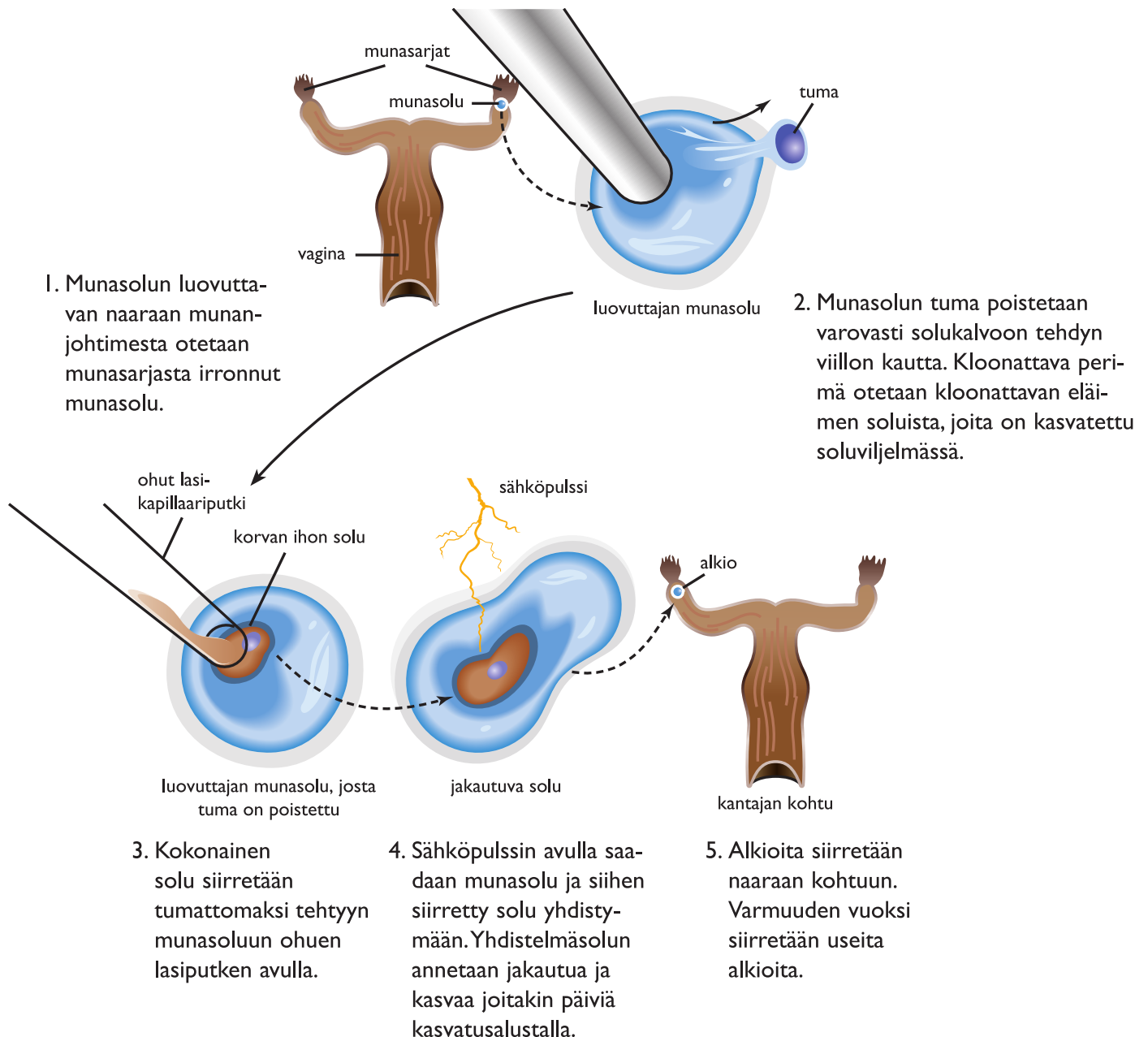
Monenlaista kloonaukseen

Kloonattava	Menetelmä	Lopputulos
eläin	tumansiirtotekniikka: aikuisesta yksilöstä kloonataan perimältään identtinen jälkeläinen alkion kurominen: monta perimältään identtistä jälkeläistä	perimältään samanlaiset eläinyksilöt
kasvi	kasvullinen lisääminen, esim. juurimukulat, pistokkaat, rönsyt ja solukkoiviljelmät	perimältään samanlaiset kasvit
bakteeri	bakteerien jakautuminen puhdasviljelmissä	perimältään samanlaiset bakteerit
solu	solujen jakautuminen mitotohtisesti kudosis- tai solukkoiviljelmässä	perimältään samanlaiset solut
geeni	geenin eristäminen ja monistaminen bakteeriviljelmässä tai PCR:llä	emäsjärjestykseltään samanlaiset geenit

Nisäkkään kloonaminen tumansiirron avulla

Ensimmäinen aikuisen yksilön solusta kloonattu nisäkäs oli vuonna 1996 kloonattu Dolly-lammas. Saavutus oli erittäin merkittävä, sillä se osoitti, että yksilönkehityksen aikana solujen erilaistuesssa tapahtuva geenien säätelyn muuttuminen ei ole peruuttamatonta. Kloonauksessa käytettiin aikuisen lampaan utaresolun tumaa. Dolly oli mitokondrioiden geenejä lukuun ottamatta perimältään samanlainen kuin yksilö, josta siirretty utaresolun tuma oli peräisin. Samantapaisella menetelmällä on kloonattu mm. lehmä, sika, vuohi, muuli, hevonen, apina, kissa, hiiri ja koira. Menetelmää kutsutaan yleisesti Dolly-tekniikaksi.

Eläimen kloonaus tumansiirtotekniikalla

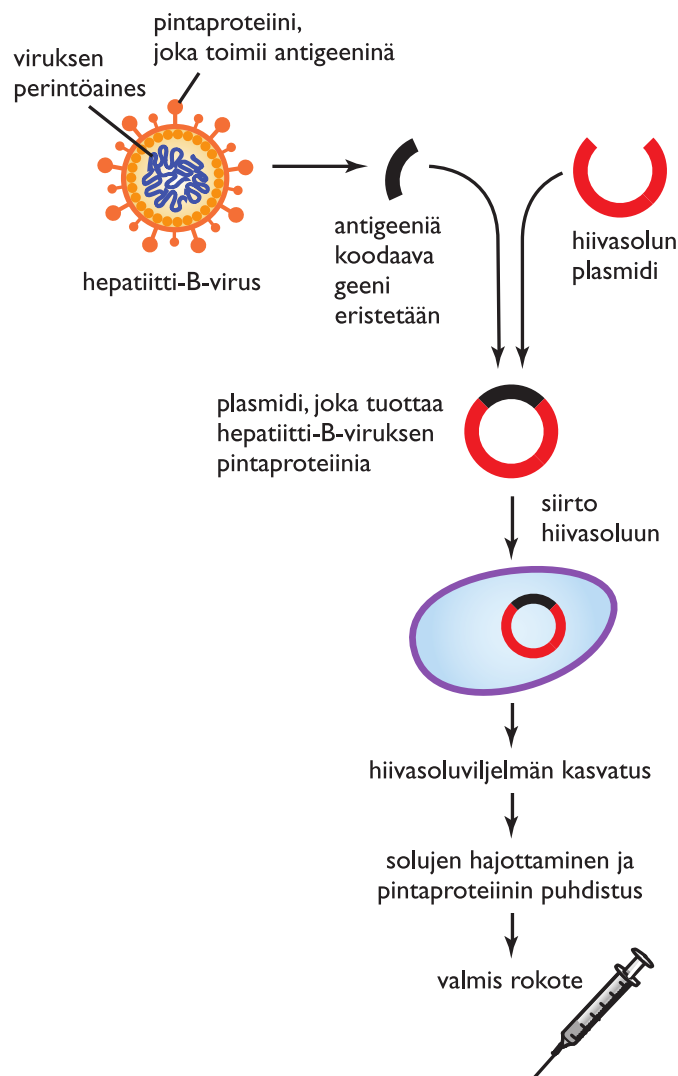


Yksilöntunnistus DNA:n avulla

Tarkka yksilöntunnistus perustuu DNA:n toistojaksoihin, jotka ovat varsinaisten geenien ulkopuolella olevia alueita. Toistojakson alueella 2–5 nukleotidin jakso toistuu jopa satoja kertoja, ja toistojen määrä vaihtelee eri yksilöillä. Yksilöntunnistuksessa tutkittava DNA eristetään, siitä monistetaan PCR:n avulla 10–15 eri toistojaksoa, ja toistojaksot erotellaan elektroforeesilla. Koska toistojaksojen pituudessa on yksilöllistä vaihtelua, eri yksilöiden DNA-palat kulkevat eri kohtaan geelissä. DNA-tunnistusta hyödynnetään mm. rikos- ja isyystutkimuksissa, sukulaisuussuhteiden ja vainajien tunnistamisessa, evoluutiotutkimuksessa sekä eliölajien tunnistuksessa.

Eliölajien sukulaisuussuhteiden selvittämiseen ja lajintunnistukseen käytetään myös DNA-viivakoodeja. Kukin eliölaji saa oman ainutlaatuisen viivakoodinsa. Vertailemalla viivakoodeja voidaan rakentaa sukupuita.

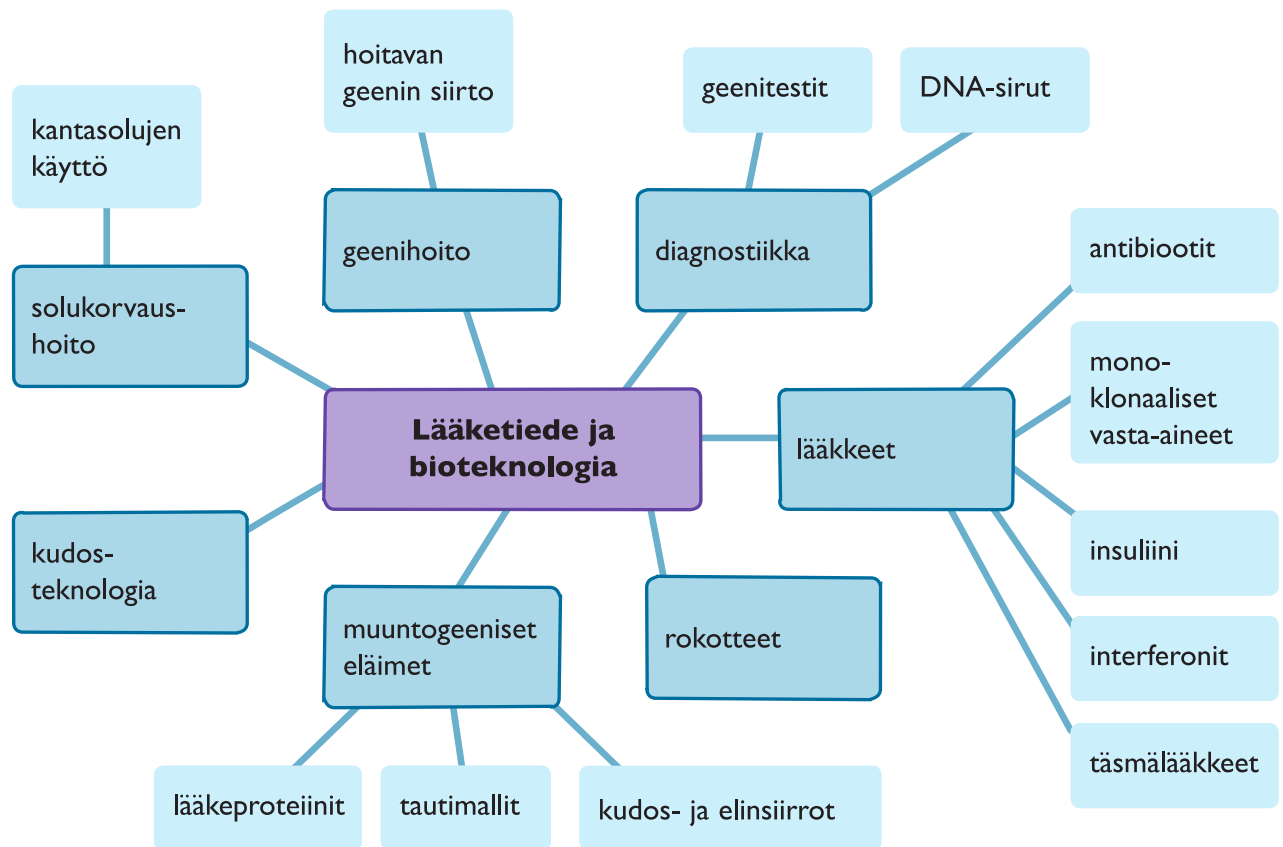
Rokotteen valmistaminen hiivasolussa



Bioteknologia lääketieteessä

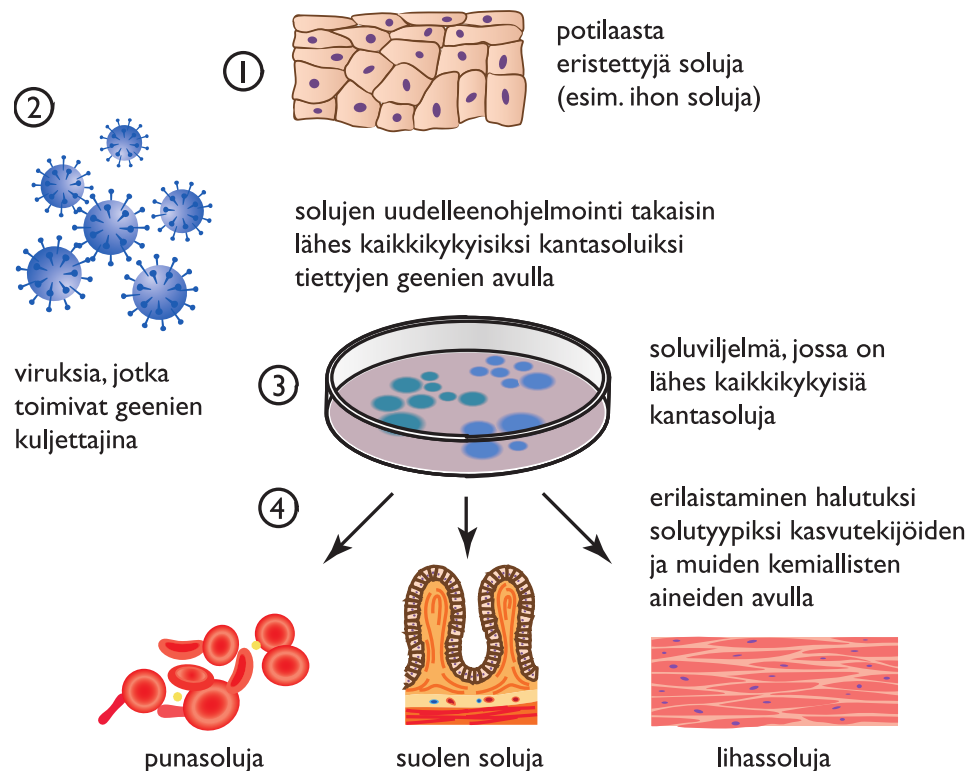
Bioteknologia tarjoaa lukuisia sovellusmahdollisuuksia lääketieteessä. Tartuntatautien torjunnalla bioteknologian keinoin on pitkät perinteet antibioottien löytämisen ja rokotteiden keksimisen jälkeen. Koska bakteereista kehittyy geenimutaatioiden ja rekombinaation tuloksena uusia, antibioottiresistenttejä kantoja, tarvitaan uusia antibiootteja, joita tuotetaan mikrobeissa. Uudentyyppisiä, mikrobien pintaproteiineihin perustuvia rokotteita tuotetaan geeniteknisesti. Nykyisin suurin osa rokotteista valmistetaan geenitekniikan avulla.

Lääkinnällisiä proteiineja voidaan tuottaa muuntogeenisissä eläimissä. Täsmälääkkeiden kehittäminen perustuu solukalvon reseptoriproteiinien tarkkaan tuntemiseen ja mallintamiseen. Bioteknisesti voidaan tuottaa esimerkiksi monoklonaalisia vasta-aineita, jotka tunnistavat hyvin tarkkaan valikoiden elimistöön tunkeutuneen viruksen tai vieraan solun. Siirto- ja poistogeenisiä eläimiä käytetään tautimalleina, joiden avulla pyritään mallintamaan ihmisissä esiintyviä perinnöllisiä sairauksia ja kehittämään niihin uusia hoitokeinoja.

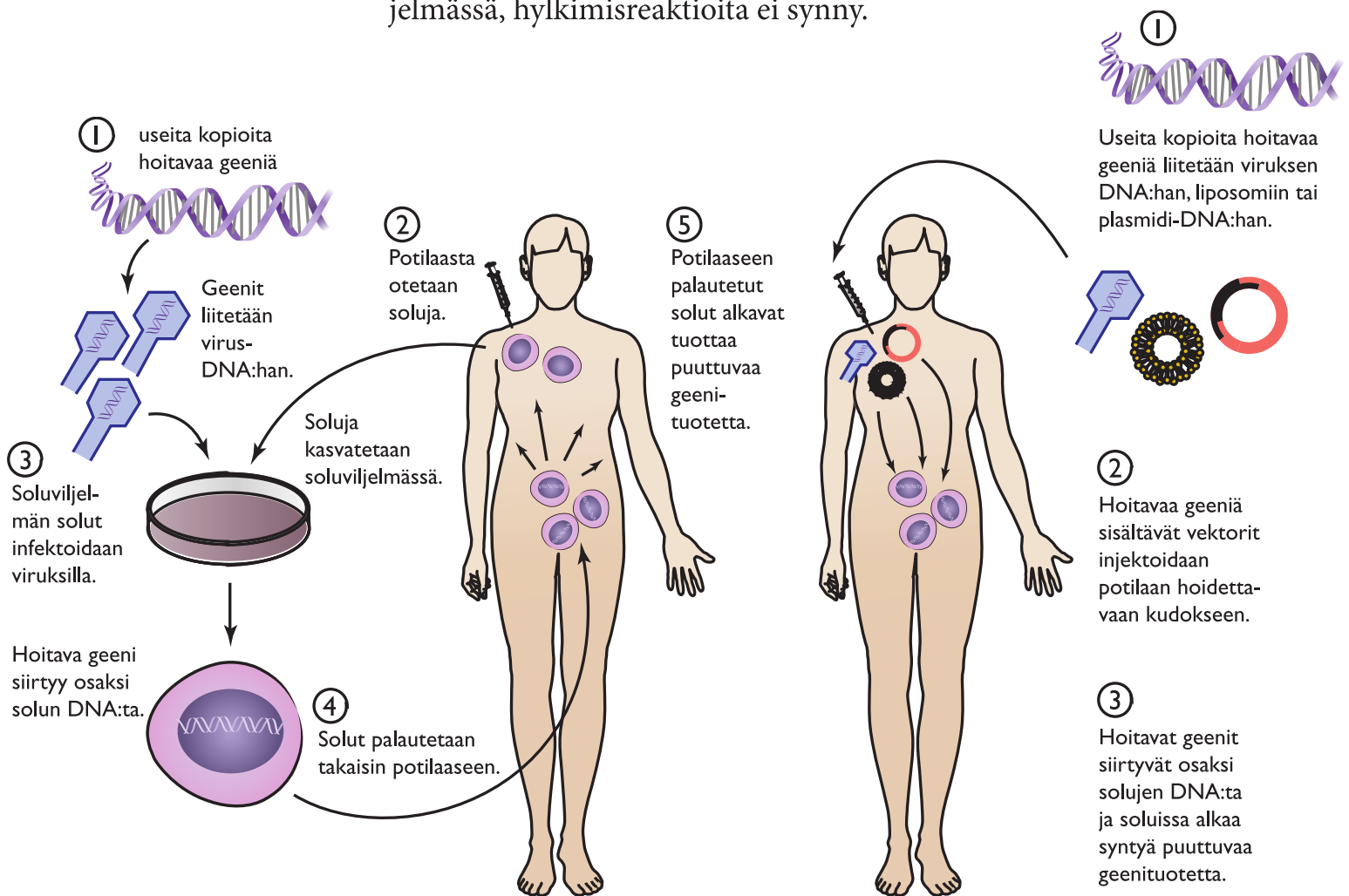


Solukorvaushoidoilla korvataan potilaan tuhoutuneet ja toimimattomat solut terveillä soluilla. Lähes kaikkikykisiä kantasoluja on vain alkiossa, mutta nykyisillä tekniikoilla kantasoluja tehdään lähes mistä tahansa ihmisen solutyypistä. Nämä saadaan ohjelmoitumaan halutuksi solutyypiksi kasvutekijöiden ja muiden kemiallisten aineiden avulla.

Potilaasta eristetyt solut saadaan palautumaan lähes kaikkikykisiksi kantasoluiksi siirtämällä soluihin viruksen avulla tiettyjä, vain alkiovaiheessa ilmeneviä geenejä. Näin aikaansaadut iPS-solut (induced Pluripotent Stemcells) voidaan sitten erilaistaa esimerkiksi verisoluiksi tai lihassoluiksi ja käyttää niitä solukorvaushoidoissa. Koska solut ovat potilaan omia soluja, hylkimisreaktioita ei ilmene.



Bioteknologia tarjoaa mahdollisuuksia myös uudentyyppisiin sairauksien hoitokeinoihin ja sairauksien diagnostisointiin. Koettiin perustuvien geenitestien avulla nopeutetaan perinnöllisten tautien tunnistamista (esim. geenisirut). Hoidollisessa kloonamisessa käytetään potilaan omia kantasoluja, joista voidaan kasvattaa tarvittavia erilaistuneita soluja. Geenihoidossa hoitava geeni siirretään osaksi potilaan somaattisten solujen DNA:ta joko soluviljelmässä tai suoraan potilaan kudokseen. Kudosteknologian avulla kudosisiirtoihin tarvittavia elimiä voidaan kasvattaa kudosisiirteissä tai muuntogeenisissä eläimissä. Kun elin kasvatetaan potilaan omista soluista soluviljelmässä, hylkimisreaktioita ei synny.



Hoitavan geenin siirto voidaan tehdä soluviljelmässä oleviin potilaan soluihin, minkä jälkeen solut palautetaan takaisin potilaaseen.

Hoitava geeni voidaan kuljettaa suoraan potilaan hoidettavaan kudokseen.

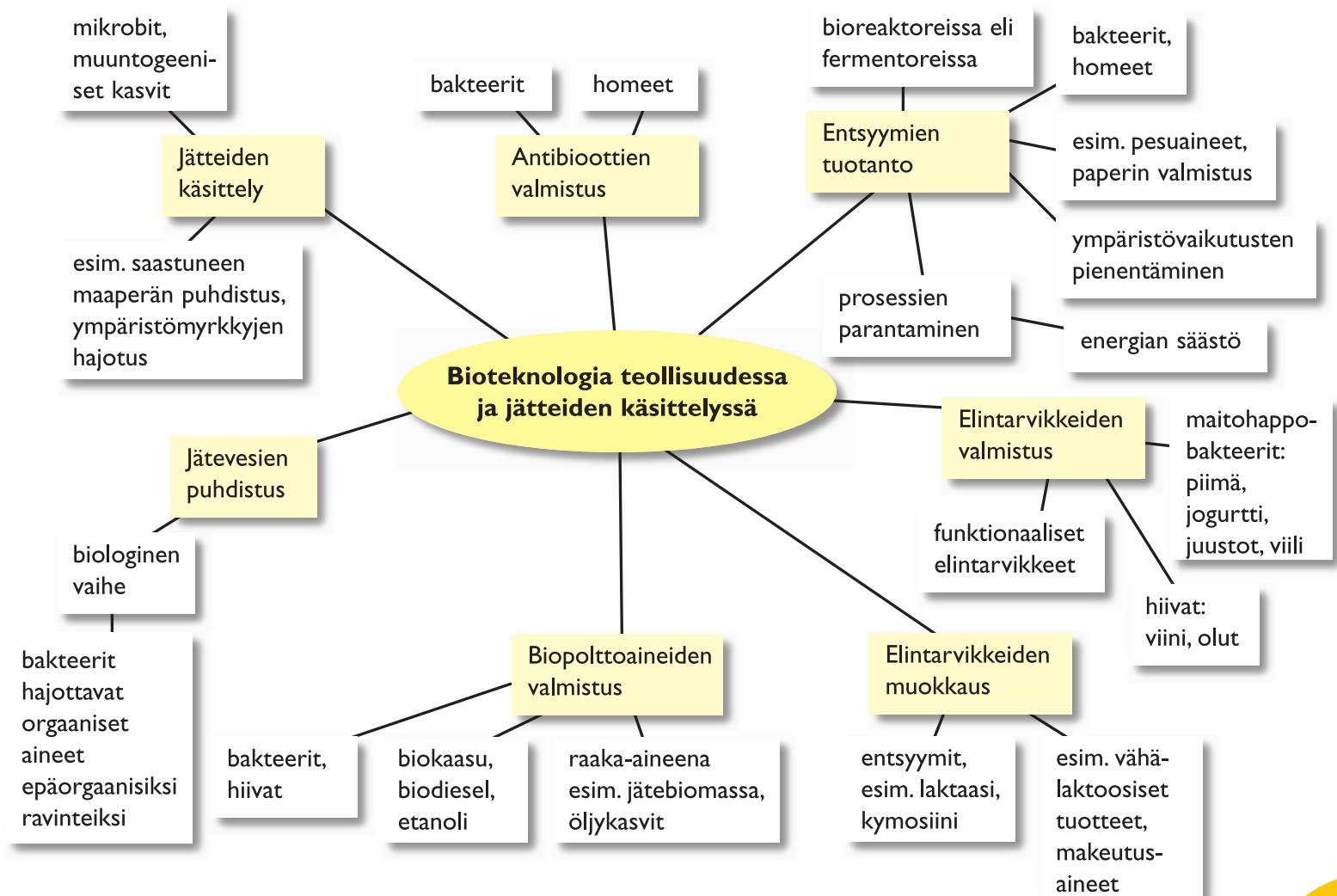
Geenihoitoon liittyviä ongelmia:

- geeninsiirtoa ei osata tehdä kohdistetusti
- siirretty geeni voi aktivoida syöpägeenin
- geeniä ei saada siirtymään haluttuun kudokseen
- vektorien tehottomuus
- siirretyn geenin toiminnan hiipuminen

Bioteknologia teollisuudessa ja ympäristötekniologiassa

Bioteknologiaa sovelletaan nykyisin hyvin monella teollisuuden alalla, ja sen avulla pyritään tehokkaampaan ja ympäristöystävällisempään tuotantoon. Yksi tärkeimmistä bioteollisuuden osa-alueista on entsyymien tuotanto. Niitä tuotetaan bakteereissa tai homeissa, joita kasvatetaan fermentoreissa eli bioreaktoreissa. Mikrobit valmistavat teollisuuden käyttämiä entsyymejä, ja tuotteiden ominaisuuksia parannetaan entsyymien avulla. Entsyymejä käytetään myös helpottamaan teollisuustuotteiden valmistusta. Maailmanlaajuinen ilmastonmuutos ja fossiilisten polttoaineiden väheneminen ovat vauhdittaneet biopolttoaineiden kehittämistä. Biopolttoaineilla tarkoitetaan eloperäisestä aineesta valmistettua polttoainetta.

Monet bioteknologian sovellukset edistävät sekä taloudellisesti että ekologisesti kestäväää tulevaisuutta. Jätevesien puhdistamisessa on jo pitkään käytetty hajottajamikrobeja. Saasteita ja myrkkyjä hajottavia mikrobeja ja muuntogeenisiä kasveja kehittämällä voidaan tehostaa esim. pilaantuneen maaperän puhdistamista.



TEHTÄVÄT

1. Geeniteknikan käsitteitä

Kirjoita lyhyt määritelmä seuraaville geeniteknikan käsitteille.

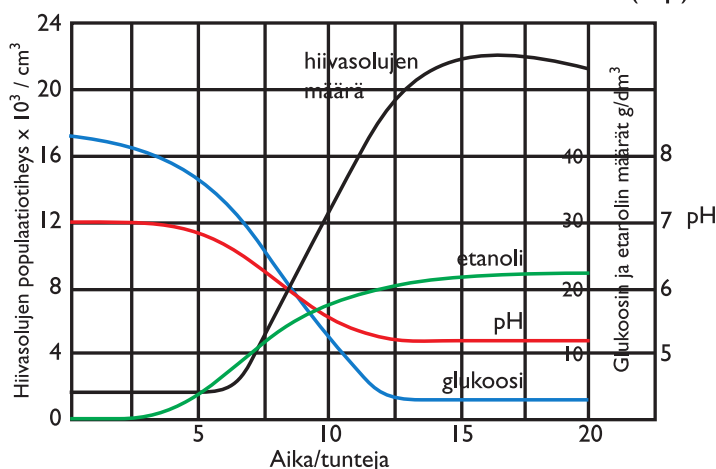
(6 p)

- katkaisueuentsyymi
- plasmidi
- sekvensointi
- DNA-siru
- liittäjäentsyymi
- vektori

2. Hiivasolut

Hiivasoluja ja glukoosia laitettiin fermentoriin ja pidettiin tasaisessa lämpötilassa. Glukoosi- ja etanolipitoisuutta sekä pH:ta mitattiin seuraavan 24 tunnin ajan. Hiivasolujen määrä laskettiin kokeen eri vaiheissa. Tulokset on esitetty oheisessa diagrammissa.

- Mitä tarkoittaa käsite fermentori (bioreaktori)? (1 p)
- Analysoi hiivapopulaation kasvukäyrää. (1 p)
- Miten glukoosi- ja etanolipitoisuuden käyrät eroavat toisistaan ja miksi? (2 p)
- Mitä pH:lle tapahtuu kokeen aikana ja miksi? (2 p)



3. Kantasolut

Kerro kantasoluista ja niiden käytöstä sairauksien hoidossa. Pohdi myös, mitä ongelmia kantasolujen käyttöön liittyy.

(6 p)

4. Mammutin fossiilit

Siperian ikiroudasta on löydetty hyvin säilyneitä mammuttien fossiileja, ja onkin esitetty, että mammutti voitaisiin herättää uudelleen henkiin kloonamalla.

- Miten mammutin DNA:ta saataisiin? (1 p)
- Miksi mammutin kloonamiseen ei riitä vain osa mammutin kromosomeista? (1 p)
- "Sijaisäitinä" voisi toimia afrikannorsu. Selosta kloonaustekniikka, eli miten norsu saataisiin synnyttämään mammutinpoikanen? (4 p)

5. DNA-tunnisteet

- Seuraavat käsitteet liittyvät DNA-tunnisteiden aikaansaamiseen: PCR-menetelmä, DNA:n toistojakso ja elektroforeesi. Selitä, mitä käsitteet tarkoittavat ja mihin niitä käytetään DNA-tunnistuksessa. (3 p)
- Miksi DNA-tunnisteiden valmistusprosessissa täytyy huolehtia siitä, että näytteet eivät saastu vieraalla biologisella materiaalilla, kuten bakteereilla tai ihmisen ihon soluilla? (1 p)
- Millaisissa tilanteissa käytetään DNA-tunnistusta? (2 p)

6. Bioteknologian sovellukset lääketieteessä

Mitä seuraavat käsitteet tarkoittavat ja miten niitä hyödynnetään lääketieteessä? (6 p)

- geeniteknisesti valmistettu rokote
- tautimalli
- lääkinnällinen proteiini
- täsmälääke
- geenihoito
- alkiodiagnostiikka

7. Entsyymit

Entsyymien biotekninen hyödyntäminen (6 p)

+8. Hiivat, maitohappobakteerit ja homeet

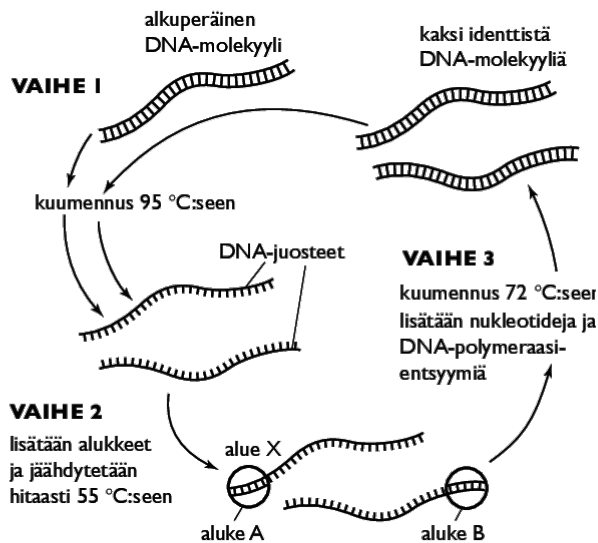
Hiivojen, maitohappobakteerien ja homeiden käyttö bioteknologiassa (9 p)

yo s-12

yo s-13

9. Polymeraasiketjureaktio

Polymeraasiketjureaktio (PCR) on menetelmä, jonka avulla DNA:ta voidaan monistaa. PCR:n vaiheet on esitetty oheisessa kuvassa.



- Mikä tehtävä alukkeilla on PCR-menetelmässä? (1 p)
- Kuvassa näkyvän alueen X emäsjärjestys on ATAGGCAG. Mikä on alukkeen A emäsjärjestys? (1 p)
- Miksi tarvitaan DNA-polymeraasientsyymiä ja nukleotideja? (1 p)
- Miksi PCR-menetelmässä lämpötilaa nostetaan ja lasketaan? (1 p)
- Kuinka monta DNA-molekyyliä on syntynyt yhdestä alkuperäisestä DNA-molekyylistä kuuden kopiointikerran jälkeen? (1 p)
- PCR-menetelmässä käytettävä DNA-polymeraasientsyymi on peräisin eräästä kuumissa lähteissä elävästä bakteerista. Miksi esimerkiksi nisäkkäiden DNA-polymeraasientsyymejä ei voida käyttää PCR:ssä? (1 p)

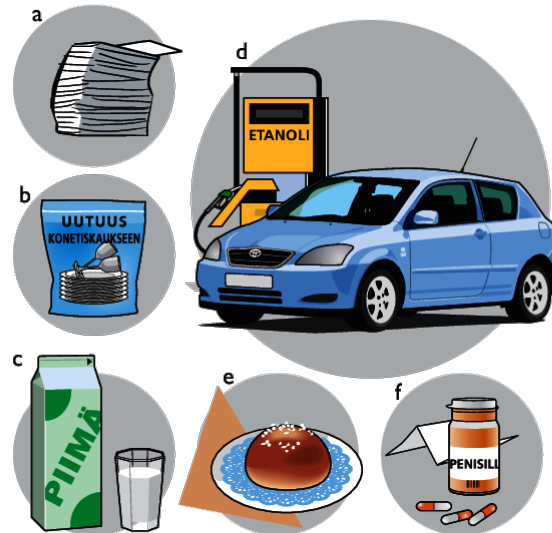
10. Geenikirjasto

Mikä on geenikirjasto? Miten se luodaan, ja miten geeni on sieltä saatavissa tutkimusta varten?

yo s-10

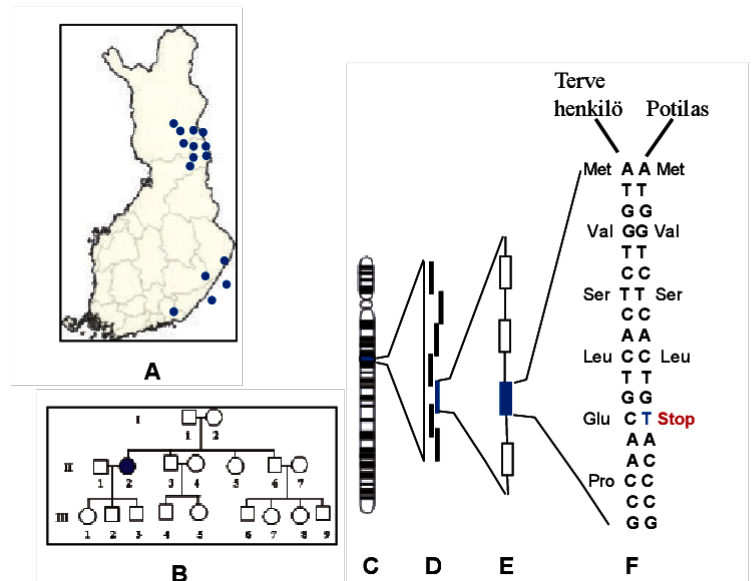
11. Bioteknologia teollisuudessa

Miten seuraavien kuvissa a–f esiintyvien tuotteiden valmistuksessa on hyödynnetty bioteknologiaa? (6 p)



12. Perinnöllisen sairauden kartoittaminen

Oheinen kuva esittää erään perinnöllisen sairauden kartoitustutkimusta. Mitä mutaatiotutkimuksen vaiheita kohdat A – F kuvaavat, ja miksi eri vaiheet on suoritettu?



22 Jalostuksessa käytetään sekä perinteisiä että uusia menetelmiä

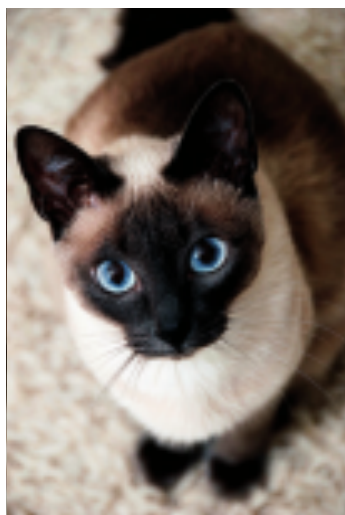
Kasvi- ja eläinjalostusta on harjoitettu jo tuhansia vuosia. Perinteinen jalostus perustuu valintaan ja risteytyksiin. Perinteisessä jalostuksessa geenejä saadaan siirtymään vain sellaisten rotujen, lajikkeiden ja lajien välillä, jotka risteytyvät keskenään. Geenitekniikan menetelmin geenejä pystytään siirtämään lajirajojen yli. Nykyisin jalostuksessa käytetään runsaasti erilaisia lisääntymisbiologisia menetelmiä, kuten solukko-
viljelyä kasveilla, ja keinosiemennystä ja alkionsiirtoa eläimillä.

Perinteinen jalostus

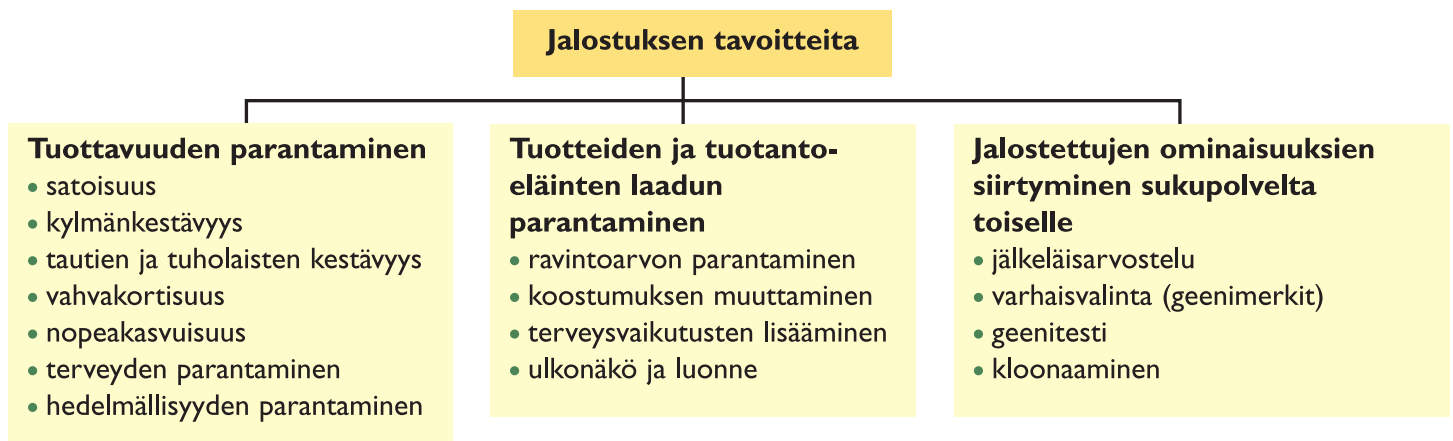
Perinteisen jalostuksen keinoja ovat valinta-, risteytys- ja mutaatiojalostus. Valintajalostus perustuu perinnölliseen muunteluun. Lisääntymään valitaan ne yksilöt, joiden ominaisuudet ovat ihmisen kannalta parhaita. Valinta lajittelee jo olemassa olevia ominaisuuksia. Valintajalostus johtaa samankaltaiseen lopputulokseen kuin luonnonpopulaatioissa suuntaava valinta. Kun valintaa jatketaan sukupolvi sukupolvelta, tuloksena on tietyn ominaisuuden suhteen puhdas linja.

Risteytysjalostuksella lisätään perinnöllistä muuntelua. Siinä risteytetään keskenään kaksi perimältään erilaista yksilöä, jolloin saadaan aikaan uusia ominaisuusyhdistelmiä. Tavoitteena on jalostaa yksilöitä, joilla on useita hyviä ominaisuuksia.

Mutaatiojalostusta käytetään kasvijalostuksessa. Kasviin voidaan aiheuttaa geenimutaatioita säteilyttämällä tai käsittelemällä sitä mutaatioita aiheuttavilla kemikaaleilla. Tuloksena on suuri määrä satunnaisia geneettisiä muutoksia, mutaatioita. Jalostusta jatketaan käyttämällä valintaa ja risteytyksiä. Kasveihin saadaan tuotettua myös kromosomimutaatioita, jolloin syntyy polyploidisia kasveja. Ne ovat useimmiten normaaleja kasveja suurempia ja satoisampia. Polyploidiset kasvit ovat usein steriilejä eivätkä tuota siemeniä.



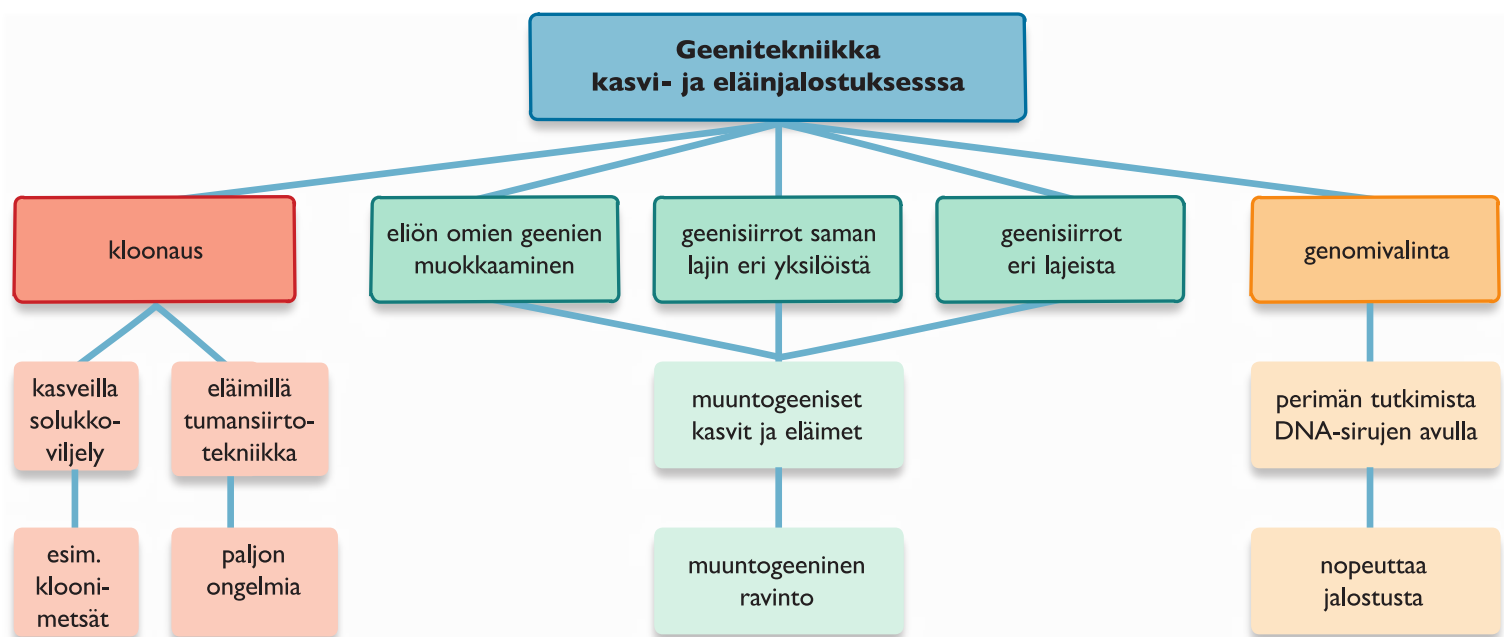
Kaikki kissat kuuluvat samaan lajiin. Jalostuksen avulla on saatu aikaan monenlaisia kissarotuja.



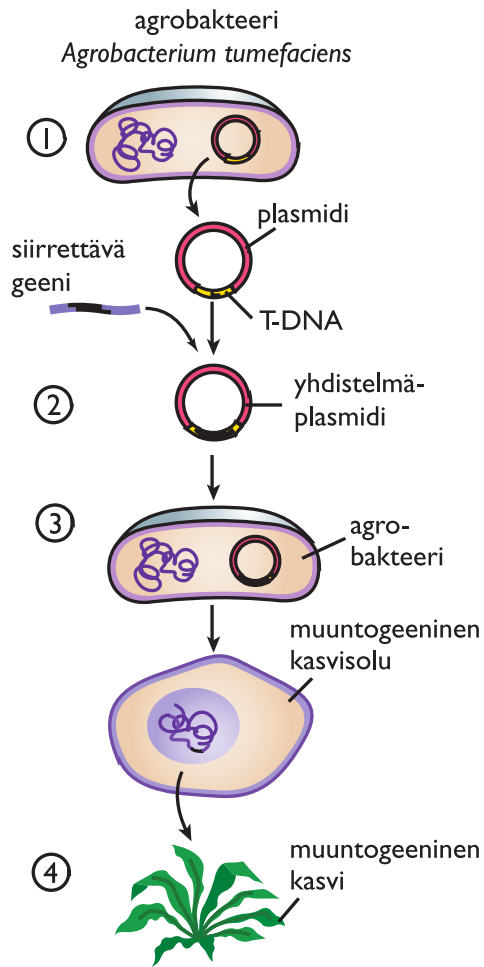
Geenitekniikka jalostuksessa

Geenitekniikan keinoin geenejä voidaan siirtää lajirajoista välittämättä, ja jalostettavaan yksilöön saadaan siirrettyä haluttu geeni. Tavoitteena on siirtää geeni eliön soluun niin, että se kiinnittyy osaksi genomia, alkaa tuottaa haluttua proteiinia ja periytyy jälkeläisille. Eliötä sanotaan muuntogeeniseksi, mikäli sen perimää on muokattu. Muuntogeeniset eliöt jaetaan kahteen ryhmään. Jos eliöön on lisätty uusi geeni, se on siirtogeeninen. Mikäli jokin eliön omista geeneistä on tehty toimintakyvyttömäksi, eliötä kutsutaan poistogeeniseksi.

Muuntogeeninen ravinto on ruokaa, jonka raaka-aineena on käytetty muuntogeenisiä eliöitä, esimerkiksi muuntogeenisestä maissista valmistetut aamiaismurot. Muuntogeeninen ravinto jakaa kuluttajien mielipiteitä.

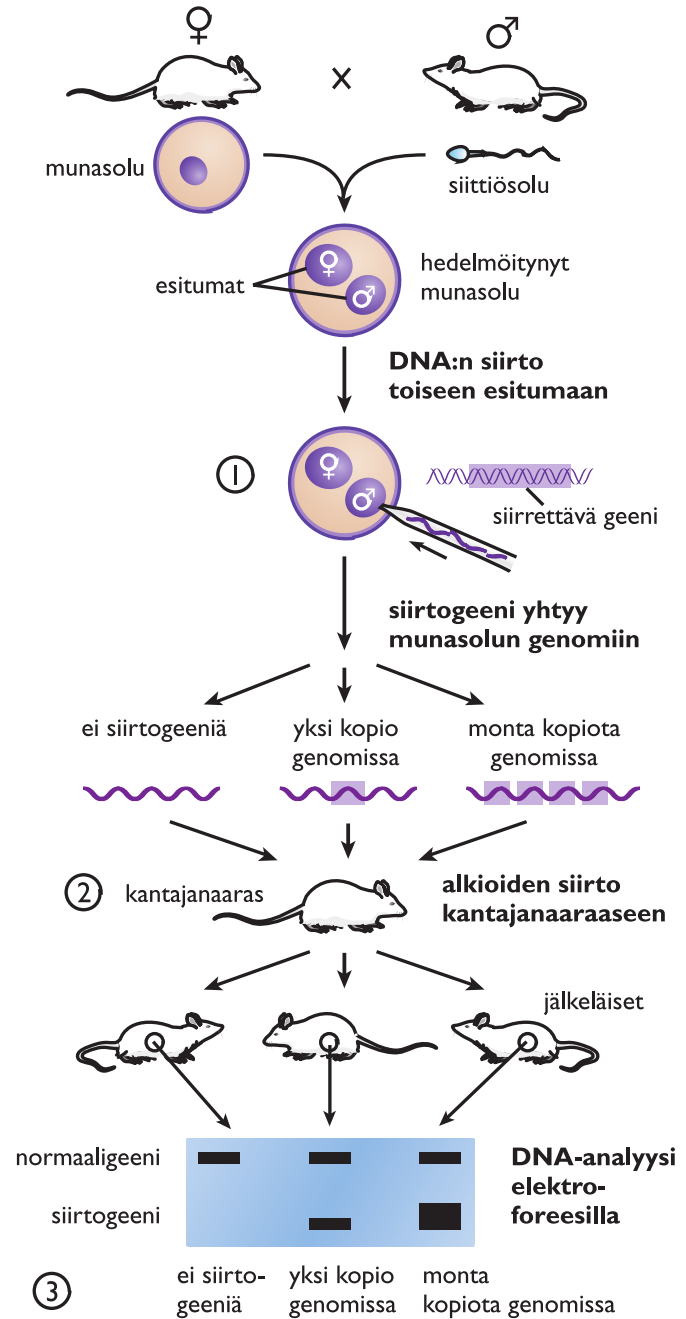


Muuntogeenisen kasvin tuottaminen



1. Plasmidi eristetään agrobakteerista.
2. Valmistetaan yhdistelmäplasmidi, jossa on siirrettävä geeni.
3. Yhdistelmäplasmidi siirretään takaisin agrobakteeriin, joka kuljettaa siirrettävän geenin osaksi kasvisolun perimää.
4. Muuntogeenisistä soluista kasvatetaan muuntogeenisiä kasveja.

Muuntogeenisen eläimen tuottaminen



1. Siirrettävä geeni ruiskutetaan ohuella lasiputkella hedelmöityneen munasolun toiseen esitumaan.
2. Munasolu siirretään valeraskaana olevan naaraan kohtuun.
3. Jälkeläisistä valitaan ne yksilöt, joilla on siirretty geeni.

Esimerkkejä muuntogeenisistä kasveista

Muuntogeeninen kasvi	Siirretty geeni	Uusi ominaisuus
tomaatti	merikilokista (<i>Suaeda salsa</i>)	pystyy kasvamaan suolaisessa maaperässä
riisi	maissista ja bakteerista	tuottaa A-vitamiinin esiastetta, beetakaroteenia
maissi	maaperäbakteerista (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	tuottaa Bt-toksiinia, joka tappaa maissia syöviä hyönteisiä
soija	bakteerista	kestää rikkakasvien torjunta-aineita
peruna	villistä perunalajikkeesta	kestää perunaruttoa

Lisääntymisbiologiset menetelmät nopeuttavat jalostusta

Jalostuksen avulla tuotetut halutut ominaisuudet on saatava siirtymään seuraaville sukupolville mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti. Kasvinjalostuksessa solukkoviljelyn avulla saadaan kasvatettua suuri määrä yksilöitä, joilla on tietty ominaisuus. Solukkoviljelyssä uusia kasveja tuotetaan suvuttomasti kasvin kasvusoluista tai yksittäisistä soluista.

Eläinjalostuksessa keinosiemennys on vanhin ja yleisin lisääntymisbiologinen menetelmä. Koeputkihedelmöitystä käytetään esimerkiksi nautojen, sian ja turkiseläinten jalostuksessa. Alkionsiirtojen avulla hyvälle jalostuseläimelle on mahdollista saada runsaasti jälkeläisiä, koska alkio voidaan siirtää minkä tahansa saman lajin naaraan kohtuun kehittymään. Lisääntymiskloonaamisen tarkoituksena on tuottaa perimältään täysin samanlainen yksilö jostain toisesta yksilöstä. Kun esimerkiksi jalostuksella on tuotettu toivotunlainen yksilö, sitä voitaisiin lisätä kloonaamalla.

TEHTÄVÄT

1. Käsitteiden määrittelyä

Kirjoita lyhyt määritelmä seuraaville käsitteille.

(6 p)

- a. valintajalostus
- b. laji ja rotu
- c. polyploidia
- d. genomivalinta
- e. risteytysjalostus
- f. mutaatiojalostus

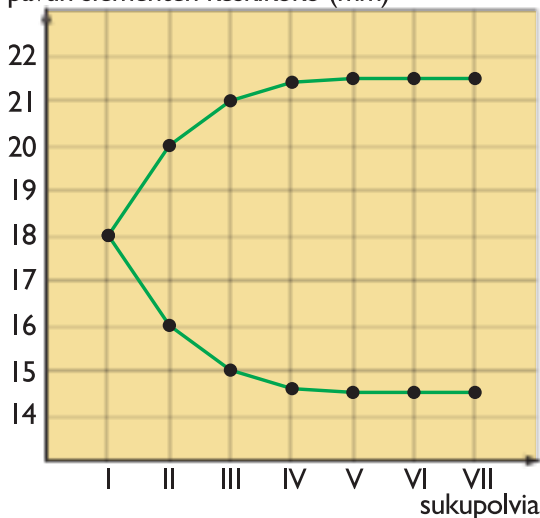
2. Puhdas linja

Diagrammi kuvaa klassista W. Johannsenin tekemää papujen valintakoetta. Papujen koko muuntelee normaalisti, eli keskikokoisia papuja on eniten. Papu on itsepölytteinen kasvi.

- a. Mitä Johannsen halusi tutkia? (1 p)
- b. Selosta kokeen kulku. (2 p)
- c. Koe johti puhtaaseen linjaan. Mitä sillä tarkoitetaan ja miksi valinta ei tämän jälkeen enää muuta siementen koon keskiarvoa? (1 p)
- d. Pohdi mahdollisia jalostusmenetelmiä, joilla saadaan aikaan suuria siemeniä tuottava papu. (2 p)

Pavun siementen keskikoon vaihtelu eri sukupolvissa

pavun siementen keskikoko (mm)



3. Banaanin ongelmia

Banaani on ehkä maailman tunnetuin trooppinen hedelmä, ja se on riisin, vehnän ja maissin jälkeen yksi maailman tärkeimmistä ruokakasveista. Sitä syö joka päivä ravinnokseen 500 miljoonaa ihmistä tropiikin maissa. Maailmassa viljeltyjä banaanilajikkeita on arviolta noin viisisataa, mutta kaupallisesti viljeltävät banaanilajikkeet on jalostettu vain kahdesta luonnonlajikkeesta. Viljeltäviä banaaneja lisätään kasvullisesti maavarren palasista. Kaupallisesti viljeltävien banaanien ongelmia ovat lisääntyneet taudit ja tuholaiset.

- a. Miksi kaupallisesti viljeltävien banaanien muuntelu on vähäistä ja mitä ongelmia siitä aiheutuu? (1 p)
- b. Miksi tuholaisia kestävien lajikkeiden tuottaminen on ollut vaikeaa perinteisin menetelmin? (1 p)
- c. Banaaniviljelmillä tuholaisia on torjuttu kemiallisesti. Mitä ongelmia tämä aiheuttaa ympäristölle? (1 p)
- d. Pohdi keinoja, joiden avulla voidaan tuottaa tauteja ja tuholaisia kestävä banaani. Mitä ongelmia näihin keinoihin liittyy? (3 p)

4. Muuntogeeninen ravinto

- a. Mitä tarkoitetaan muuntogeenisellä ravinnolla? (1 p)
- b. Maailmassa viljellään runsaasti Bt-toksiinia (tuholaismyrkky, joka tappaa maissikoisan toukkia) tuottavaa muuntogeenistä maissia. Selitä, miten muuntogeeninen maissi on jalostettu. (2 p)
- c. Suomessa suhtaudutaan erityisen varovaisesti muuntogeeniseen ravintoon ja muuntogeenisen ravinnon pääsyä kaupan hyllyille valvotaan tarkasti. Mitä haittoja muuntogeenisestä ravinnosta voi olla? (1,5 p)
- d. Mitä hyötyjä muuntogeenisistä viljelykasveista voi olla? (1,5 p)

5. Proteiinin tuottaminen bakteerissa

Saat tehtäväksesi tuottaa ihmisen proteiinia bakteerisolussa. Mitä solubiologisia ja geeniteknologiaan liittyviä seikkoja kokeen suunnittelussa tulee ottaa huomioon?

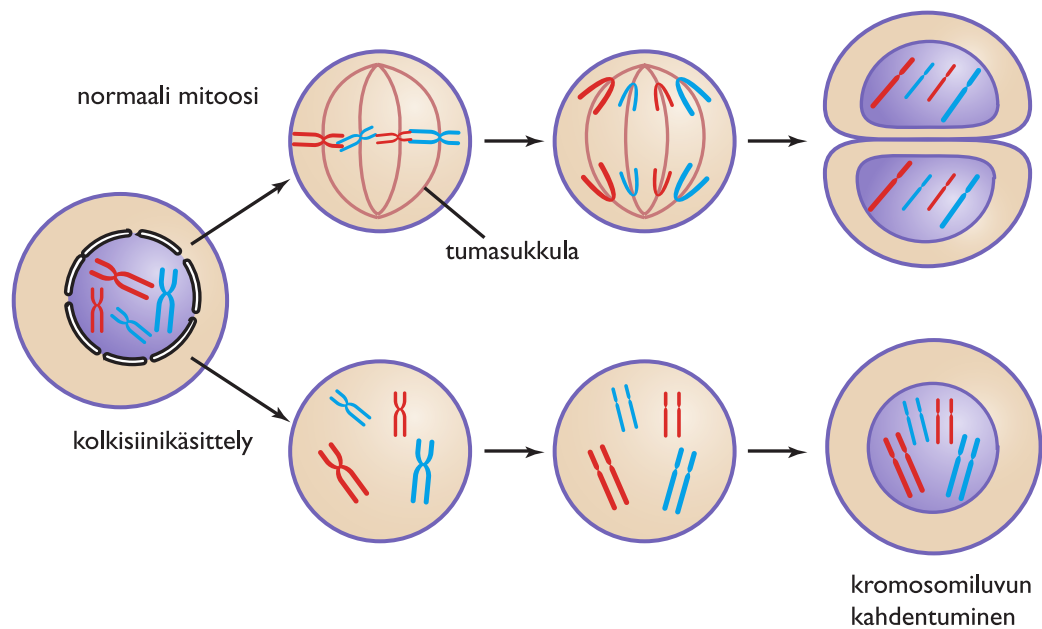
6. Ilmastomuutos ja jalostus

”Kasvibiologit voivat vastata ilmastonmuutokseen ja väestönkasvuun jalostamalla uusia kasvilajikkeita.” Pohdi, voisiko väittämä toteutua, vai onko se mahdotonta. Perustele väitteesi. (6 p)



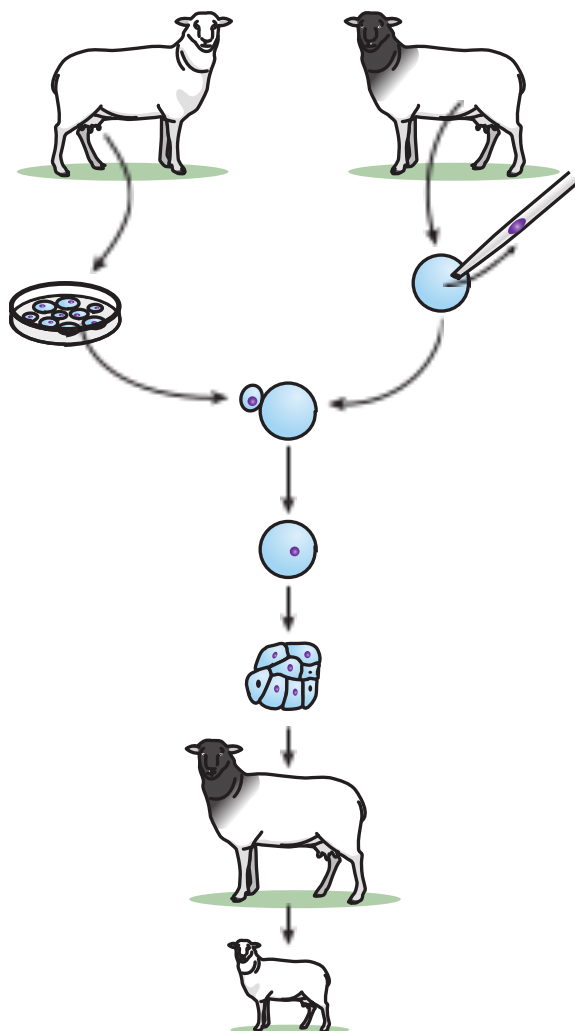
7. Siemenettömät viinirypäleet

- Mitä tarkoitetaan kasvien mutaatiojalostuksella? (1 p)
- Tarkastele kuvaa mitoosista. Miten mitoosit A ja B eroavat toisistaan? (1 p)
- Mikä on mitoosin B tuloksena syntyneen kasvin kromosomimäärä? (1 p)
- Mitä vaikutuksia sillä on kasvin lisääntymiseen? (2 p)
- Miksi tällaisia kasveja jalostetaan? (1 p)



8. Eliöiden kloonaminen

- Selvitä, mitä on eliöiden kloonaus ja mitä hyötyä siitä on jalostuksessa? (3 p)
- Selitä kuvan avulla eläinten kloonauksessa käytettävä tumansiirtotekniikka. (2 p)
- Miksi kasvien kloonaminen on helpompaa kuin eläinten kloonaminen? (1 p)



9. Lajien risteytyminen



Mitkä tekijät estävät lajeja risteytymästä keskenään? Selosta menetelmiä, joiden avulla ihminen voi siirtää perinnöllistä ainesta lajista toiseen, ja pohdi, mitä hyötyä tai haittaa siirrosta voi aiheutua.

10. Geenipankit

Huippuvuorilla sijaitseva siemenpankki on varmuusvarasto, jossa säilytetään siemeniä kaikista nykyisistä viljelykasveista, vanhoista kantamuodoista sekä mahdollisesti vielä luonnosta löytyvistä villeistä lajikkeista.

- Miksi voidaan sanoa, että siemenpankin tarkoitus on pelastaa ihmiskunnan viljelyperintö. (1 p)
- Miksi siemenvarasto on rakennettu Huippuvuorille? (1 p)
- Miksi samankaltaisen varmuusvaraston perustaminen eläimille olisi vaikeaa? (1 p)
- Miten siemenpankki auttaa ihmiskuntaa varautumaan ilmastonmuutokseen? (1 p)
- Mitä muita mahdollisuuksia on säilyttää viljelykasvien ja tuotantoeläinten geneettistä monimuotoisuutta? (2 p)

OSA
3

**BIOLOGIAN
KURSSIEN
SANASTO**

A

aapasuo, *minerotrophic bog*

Pohjois-Suomen suoyhdistymätyyppi, jonka keskiosat ovat suon reunaosia alempana.

aarniometsä, ikimetsä, aarnimetsä, *primeval forest*

Luonnontilainen vanha metsä, jossa ihmisen vaikutus ei näy tai näkyy vain vähän.

abioottiset ympäristötekijät, *abiotic factors*

Elottoman luonnon fysikaaliset ja kemialliset ympäristötekijät, kuten ilmasto, valo, lämpötila, maaperä, vesi, happamuus jne.

abortti, *abortion*

Raskauden keskeyttäminen varhaisessa alkion- tai sikiönkehitysvaiheessa (alle 20 raskausviikkoa). Raskauden spontaani keskeytyminen on keskenmeno.

ABO-veriryhmät, *ABO blood groups*

Ihmisen veriryhmät ovat A, B, AB ja O. Veriryhmäjärjestelmä on kolmen multipplein alleelin aikaansaama. Alleelit vaikuttavat punasolujen pinta-antigeenien rakenteeseen ja verinesteessä oleviin vasta-aineisiin.

abskissihappo, *abscisic acid*

Kasvihormoni, joka ylläpitää kasvien lepovaihetta. Se edistää lehtien ja kukkien karisemista ja estää siementen itämisen.

absorptio, *absorption*

Imeytyminen, esimerkiksi aineiden imeytyminen johonkin materiaaliin, säteilyn (valon) imeytyminen kasvien lehtiin, ravintoaineiden imeytyminen elimistöön tai ravinteiden imeytyminen kasvien soluihin.

adaptaatio, *adaptation*

Aistisolujen ja -elimen sopeutuminen ärsykkeen voimakkuuteen, esimerkiksi silmän sopeutuminen valaistukseen. Myös fenotyyppinen tai genotyyppinen sopeuma eliön rakenteessa tai toiminnassa. Parantaa eliön mahdollisuuksia sopeutua muuttuneeseen ympäristöön.

ADA-tauti, *ADA disease*

Adenosiinideaminaasin perinnöllinen puutos johtaa immuunijärjestelmän toimimattomuuteen. Potilaat pysyivät ennen hengissä ainoastaan steriilissä muovikuplassa, sillä mikä tahansa tavallinen tartunta johtaa hengenvaaralliseen infektiin.

adeniini, *adenine*

Orgaaninen, tyypeä sisältävä emäs, joka on ATP:n, DNA:n ja RNA:n rakenneosia.

adenosiinifosfaatit, *adenosine phosphates*

Runsasenergiä yhdisteitä, joita käytetään soluissa energian siirtoon ja lyhytaikaiseen varastointiin. Adenosiinista (adeniiniemäs ja riboosisokeri) muodostuneita yhdisteitä, joihin on liittynyt yksi (AMP), kaksi (ADP) tai kolme (ATP) fosfaattiryhmää. Fosfaattiryhmien väliset sidokset ovat runsasenergiä. Energiaa vapautuu sidosten purkautuessa ja sitoutuu niiden muodostuessa.

ADP, adenosiinidifosfaatti, *adenosine diphosphate*

Ks. adenosiinifosfaatit.

adrenaliini, *adrenaline*

Lisämunuaisen ydinosan erittämä hormoni, jota erittyy sympaattisen hermoston aktivoimana stressitilanteessa nopeasti vereen. Parantaa elimistön suorituskykyä.

aerobinen, *aerobic*

Happea tarvitseva reaktio, solu tai eliö. Aerobisessa soluhengityksessä energiaa vapautuu soluissa hapen läsnä ollessa.

agglutinaatio, *agglutination*

Punasolujen takertuminen toisiinsa ja siitä johtuva veren sakkautuminen väärässä verensiirrossa.

agrobakteeri, *agrobacterium*

Maaperäbakteeri (*Agrobacterium tumefaciens*), jota käytetään vektorina geeninsiirrossa kasveihin.

AGU-tauti, *AGU disease*

Aspartyyli-glukosaminuria eli AGU-tauti on peittyvästi periytyvä suomalaisen tautiperintöön kuuluva tauti. Tauti johtuu pistemutaatiosta geenissä, joka koodittaa erästä lysosomientsyymiä (AGA). Tauti johtaa vaikeaan kehitysvammaisuuteen, koska soluihin kertyy toimimattoman AGA-entsyymien substraattia, joka häiritsee aivosolujen toimintaa.

AIDS, aids, *Acquired Immune Deficiency Syndrome*

HI-viruksen aiheuttama tarttuva immuunikatotauti, jossa virus tuhoaa kehon valkosoluja.

aikaerorasitus, *jet lag*

Elimistössä ilmeneviä stressioireita, kun siirrytään nopeasti useiden aikavyöhykkeiden yli.

aikuisen kantasolut, *adult stem cells*

Aikuisen elimistössä olevia kantasoluja, jotka pystyvät erilaistumaan vain tietyn tyyppisiksi soluiksi. Esim. ihon kantasolut orvaskedessä tai verisolujen kantasolut luuytimessä.

aineenvaihdunta, *metabolism*

Eliöiden elintoimintoihin liittyvät solujen kemialliset reaktiot. Aineenvaihdunta on joko hajottavaa eli katabolista tai rakentavaa eli anabolista.

aineiden kierto, *biogeochemical cycle*

Aineiden sitoutuminen tuottajien kautta elolliseen biomassaansa, niiden siirtyminen ravintoketjuissa eri kuluttajaportaille sekä palaaminen hajottajien kautta epäorgaanisina aineina takaisin tuottajille.

aistieliin, *sense organ*

Ärsykkeen vastaanottamiseen erikoistunut elin, esim. silmä.

aistimus, *sensation*

Aistimen välittämän ärsykkeen tajuaminen aivoissa, havainto.

aistialue, *sensory brain area*

Isoaivojen kuoren alue, jossa aistimus syntyy. Esimerkiksi näkö- tai kuuloalue.

aistirata, *sensory pathway*

Impulsseja aistimesta keskushermostoon kuljettava hermorata.

aistisol, *sensory receptor*

Aistimen solu, joka on erilaistunut vastaanottamaan ärsykeitä.

aivokuolema, *brain death*

Tila, jossa aivojen sähköinen toiminta ja refleksit ovat lakanneet pysyvästi, vaikka sydän ja verenkierto vielä toimivat.

aivokuori, *cerebral cortex*

Isoaivojen pintakerros. Harmaa aine, joka muodostuu ydintupettomista hermosoluista.

aivokurkiainen, *corpus callosum*

Yhdistää aivokuoren puoliskoja useiden viejähaarakeimppujen välityksellä.

aivolisäke, *hypophysis*

Väliaivojen pohjassa sijaitseva kaksiosainen umpirauhanen. Erittää verenkiertoon useita hormoneja, esimerkiksi kasvuhormonia. Säätelee muiden umpirauhasten toimintaa erittamiensä hormonien avulla.

aivorunko, *brain stem*

Aivorunkoon kuuluvat ydinjatke, aivosilta ja keskiaivot. Yhdistää selkäytimen aivoihin. Ylläpitää elämälle välttämättömiä automaattisia toimintoja.

aivo-selkäydinneste, *cerebrospinal fluid*

Aivokammioissa ja selkäydinkanavassa oleva neste, joka suojaa ja ravitsee hermosoluja ja poistaa niiden aineenvaihduntatuotteita.

aivot, *brain*

Keskushermoston osa, johon kuuluvat isoajat, väliaivot, keskiaivot, aivosilta, pikkuaivot ja ydinjatke.

aivoverkosto, *reticular formation*

Hermosoluista muodostuva verkosto, joka ulottuu koko aivorungon läpi. Siihen tulee impulsseja eri aistielimistä ja se lähettää viestejä aivokuoreen.

aksoni, *viejähaarake*, *axon*

Hermosolun pitkä viejähaarake, kuljettaa impulsseja solukeskuksesta pois päin. Yleensä myeliittiputken ympäröimä.

aktiini, *actin*

Lihassoluissa oleva proteiini, joka osallistuu lihassolujen supistumiseen.

aktiivilietemenetelmä, *activated sludge process*

Jäteveden käsittelyvaihe, jossa aerobiset bakteerit hajottavat eloperäistä ainetta ilmastusaltaissa hiilidioksidiksi ja vedeksi ja sitovat osan ravinteista omaksi, lietteenä altaan pohjalle kertyväksi biomassakseen. Liette kerätään talteen ja jatkokäsittellään maanparannusainneeksi.

aktiivinen immunisaatio, *active immunisation*

Ks. rokotus.

aktiivinen kuljetus, *active transport*

Energiaa tarvitsevaa aineiden siirtämistä solukalvon läpi.

alalaji, *subspecies*

Lajia suppeampi eliökunnan luokittelun yksikkö. Alalaji tarkoittaa levinneisyydeltään paikallista, keskenään lisääntyvien populaatioiden ryhmää, joka poikkeaa muista saman lajin vastaavista ryhmistä.

albinismi, *albinism*

Resessiivisesti periytyvä ominaisuus (pigmenttiä ei muodostu), jossa ihmisen iho ja eläinten karvat ovat valkoiset ja silmän värikalvo näyttää punaiselta. Kasveilla ilmiö näkyy kukan terälehtien valkoisuutena.

alkeiseliot, *monerans*

Esitumallisia eliöitä (eliöiden soluissa ei ole tumaa), joihin kuuluvat arkit ja bakteerit.

alkeisvarsikko, *prothallus*

Sanikkaisten itiöistä kehittyvä haploidinen muodostuma, johon kehittyvät siittiö- ja munapesäkkeet.

alkio, *embryo*

Yksilönkehitysvaihe, jonka aikana kaikki elimet muodostuvat. Ihmisellä alkiovaihe kestää hedelmöitymisestä kahdeksannen viikon loppuun asti.

alkiokalvot, *embryonic membranes*

Maaselkärangaisilla (matelijat, linnut, nisäkkäät) alkion ympärillä olevia kalvoja, joiden tehtävänä on suojata ja ravita kehittyvää alkioita.

alkiokantasolut (totipotentit ja pluripotentit kantasolut), *embryonic stem cells*

Alkion kaikkikykyisiä soluja, jotka voivat erilaistua erilaisiksi solutyypeiksi.

alkiokerrokset, *germ layers*

Alkiolevystä syntyy kolme kerrosta (sisäkerros, keskikerros ja ulkokerros), joista eri kudokset ja elimet kehittyvät.

alkiolevy, *embryonic disc*

Alkiorakkulan sisällä olevasta sisäsolumassasta eri alkiokerroksiksi kehittyvä osa.

alkionsiirto, *embryo transfer*

Eläinjalostuksessa käytetty menetelmä, jossa tarkoin valikoiduista hyvistä jalostusvanhemmista, yleensä keinohedelmöityksellä tuotetut alkiot siirretään sopivan naaraan kohtuun kasvamaan.

alkiorakkula, *blastocyst*

Alkion kehityksen varhaisvaihe, jossa on useita satoja soluja. Sen sisällä olevasta sisäsolumassasta kehittyy varsinainen alkio.

alkoholikäyminen, *alcoholic fermentation*

Anaerobinen reaktio, jossa glukoosista syntyy etanolia, vettä ja hiilidioksidia sekä vapautuu vähäinen määrä energiaa.

alkuaine, *element*

Aine, jonka kaikilla atomeilla on sama järjestysluku, eli se muodostuu keskenään samanlaisista atomeista.

alkueliöt, *protists*

Tumallisia yksi- ja monisoluisia eliöitä, jotka muodostavat alkueliökunnan, johon kuuluvat limasienet ja levät sekä alkueläimet.

alkueläimet, *protozoans*

Yksisoluisia eläimiä, jotka kuuluvat alkueliöihin. Alkueläin on eläinsolun kaltainen mikrobi. Esimerkiksi ameeba ja malarialoiso.

alkuvirts, *glomerular filtrate*

Munuaiskeräsen koteloon suodattunut neste, jota muodostuu runsaasti. Se sisältää monia elimistölle tarpeellisia aineita, jotka imeytyvät munuaistehyistä takaisin vereen.

alleeli, *allele*

Mutaation tuloksena syntynyt geenin vaihtoehtoinen muoto. Vastinkromosomien saman lokuksen alleelit voivat olla erilaiset tai samanlaiset. Jos ne ovat erilaiset, yksilö on perinyt isältään erilaisen alleelin kuin äidiltään.

allergeeni, *allergen*

Aine, joka aiheuttaa elimistössä allergisen reaktion.

allergia, *allergy*

Immuunireaktio, joka syntyy, kun elimistö reagoi väärällä, usein voimakkaalla tavalla johonkin normaalisti vaarattomaan aineeseen, allergeeniin.

allopolyploidia (allopolyploidia), *allopolyploidy*

Kromosomistomutaatio, jossa yksilön moninkertaistuneet peruskromosomit ovat peräisin eri lajeilta.

aloittajakompleksi, *transcription initiation complex*

Geenin promoottoriin ja tehostajaksoon liittyneiden proteiinien muodostama kokonaisuus, jonka avulla RNA-polymeraasi voi aloittaa transkription eli geenin luennan esiaste-RNA:ksi.

aloituskolmikko, *initiation codon*

Lähetä-RNA:ssa oleva metioniinia koodaava DNA-jakso (AUG), aloittaa proteiinisynteesin.

Alzheimerin tauti, *Alzheimer's disease*

Aivosairaus, jossa hermokudosta hajoaa. Oireita ovat mm. muistihäiriöt ja mielenhäiriöt sekä ajan ja paikan tajun heikkeneminen.

aluke, *primer*

Lyhyt yksijuosteinen DNA-jakso, joka tarvitaan aloittamaan DNA-polymeraasin toiminta eli DNA:n kahdentuminen.

aminohappo, *amino acid*

Orgaaninen yhdiste, jossa hiiliatomiin on liittyneenä aminoryhmä (-NH₂) ja karboksyyli-ryhmä (-COOH). Proteiinit rakentuvat aminohapoista, joita luonnossa on noin 20 erilaista. Aminohappojen erot johtuvat niissä olevien sivuryhmien eroista.

AMP, *adenosiinimonofosfaatti*,

adenosine monophosphate
Ks. adenosiinifosfaatit.

amylaasit, *amylase*

Hiilihydraatteja pilkkovia ruuansulatusentsyymejä, joita erittyy sylkirauhasista ja haimasta.

anabolinen reaktio, *anabolic reaction*

Soluissa tapahtuva reaktio, jossa rakentuu uusia aineita. Rakennusaineenvaihdunta.

anabolinen steroidi, *anabolic steroid*

Synteettinen, testosteronin tapaan vaikuttava hormoni. Lisää solujen aineenvaihduntaa ja kasvattaa mm. lihaksia.

anaerobinen, *anaerobic*

Reaktio, solu tai eliö, jotka eivät käytä happea energian vapauttamiseen. Soluhengityksen alussa, glykolyysissä, energiaa vapautuu glukoosista ilman happea eli reaktio on anaerobinen. Hapen läsnä ollessa soluhengitys jatkuu, mutta jos happea ei ole saatavilla, energiaa vapautuu käymisreaktiossa. Ks. Maitohappokäyminen ja alkoholikäyminen.

androgeeni, *androgen*

Miespuolisia sukupuoliominaisuuksia lisääviä steroidihormoneja.

anemia, *anemia*

Elimistön tila, jossa veren punasolujen määrä tai hemoglobiiniarvo ovat poikkeuksellisen alhaisia. Syynä voi olla esimerkiksi raudan puute.

angina pectoris, *angina pectoris*

Sepelvaltimoiden ahtautumisesta aiheutuva raskausrintakipu. Sydänlihassolujen hapensaanti huononee.

antibiootti, *antibiotic*

Mikrobin tuottama tai synteettisesti valmistettu aine, joka estää bakteerien lisääntymistä tai kasvua. Esimerkiksi penisilliini.

antibioottiresistenssi,

antibiotic resistance
Bakteerien kyky sietää jotain antibioottia.

antibioottivalinta, *antibiotic selection*

Menetelmä, jonka avulla etsitään tietyille antibiootille vastustuskykyisiä bakteereita. Geeninsiirrossa voidaan käyttää apugeeninä antibioottiresistenssin geeniä. Sen perusteella tehtävän antibioottivalinnan avulla löydetään bakteerit, joissa siirtogeneeni on.

antidiureettinen hormoni, **ADH**,

antidiuretic hormone
Virtsaneritystä vähentävä hormoni, jota siirtyy vereen aivolisäkkeen takalohkosta.

antigeeni, *antigen*

Aine tai sen osa, joka sitoutuu spesifisesti vasta-aineeseen. Antigeeni on elimistölle vieras aine (useimmiten proteiini), joka saa elimistössä aikaan yleensä vasta-aineen tuotannon.

antihistamiini, *antihistamine*

Allergisten oireiden hoidossa käytettävä lääke, estää histamiinin eritystä tai vaikutusta.

antioksidantti, *antioxidant*

Aine, joka estää soluaineenvaihdunnassa syntyneiden haitallisten vapaiden radikaalien vaikutusta. Esimerkiksi C- ja E-vitamiini.

apinaihmiset (etelänapinat),

Australopithecus sp.

Ihmisen evoluution varhainen kehitysvaihe: Liikkuvat pystyasennossa, mutta aivojen koko oli paljon pienempi kuin nykyihmisellä.

apoptoosi, *ohjelmoitunut*

solukuolema, *apoptosis*

Geenien ohjaama yksittäisten solujen kuoleminen, jota tapahtuu muun muassa yksilönkehityksen aikana (mm. sormien ja varpaiden muodostumisessa) sekä vanhenemisen aikana.

arkit, *archaeobacteria*, *arcs*

Esitumallisiin kuuluvia, bakteereita muistuttavia eliöitä, jotka luokitellaan nykyisin omaksi eliökunnakseen. Useat arkit elävät äärimmäisissä olosuhteissa, kuten kuumissa lähteissä tai rikkilähteissä. Arkkeja pidetään maapallon vanhimpina eliöinä.

arktinen vyöhyke, *arctic zone*

Kylmä vyöhyke, pohjoisnapaa ympäröivät tundra- ja jäätikköalueet, joilla lämpimimmänkin kuukauden keskilämpötila on alle +10 °C.

arterioskleroosi, *arteriosclerosis*

Valtimonkovettumistauti, sairaus, jossa valtimoiden seinämät rasvoittuvat ja niiden kimmoisuus vähenee. Verenpaine kohoaa.

askelkivi, *step stone*

Säästetty luontolaikku, saarekemainen alue, jonka tarkoituksena on helpottaa yksilöiden siirtymistä osapopulaatiosta toiseen.

asetyylkoliini, *acetylcholine*

Välittäjäaine, toimii kahden hermosolun tai hermo- ja lihassolun, tai hermo- ja rauhassolun välillä. Siirtää impulssin kemiallisesti.

assosiaatioalueet, *association areas*

Isoivokuoren alueita, joissa eri aisteista tulevaa tietoa yhdistellään ja tulevia tekoja suunnitellaan.

atomi, atom

Alkuaineen pienin hiukkanen, joka rakentuu alkeishiukkasista. Atomiin kuuluvat ydin (protonit ja neutronit) ja sitä kiertävät elektronit. Atomit voivat liittyä toisiinsa kemiallisin sidoksin, jolloin muodostuu molekyylejä.

ATP, adenosinitrifosfaatti, adenosine triphosphate

Runsasenerginen yhdiste, jota solu käyttää energian siirtoon ja lyhytaikaiseen varastointiin. Fosfaattiryhmien väliset sidokset ovat runsasenergisää. Energiaa vapautuu sidosten purkautuessa ja sitoutuu niiden muodostuessa.

auksiinit, auxins

Kasvihormoneja, jotka säätelevät solujen jakautumista ja kasvua.

autoimmuunisairaus, autoimmune disease

Sairaus, missä immunologinen puolustusjärjestelmä tuhoaa elimistön omia kudoksia.

autonominen hermosto, autonomic nervous system

Tahdosta riippumaton ääreishermoston osa, joka säätelee sisäelinten toimintaa. Jaetaan sympaattiseen ja parasympaattiseen osaan.

autopolyploidia (autoploidia), autopolyploidy

Kromosomistomutaatio, jossa yksilön oma peruskromosomisto on moninkertaistunut.

autosomi, autosome

Muu kromosomi kuin sukupuolikromosomi.

autotrofi, autrofinen, autotrophic

Omavarainen eliö, joka itse pystyy foto- tai kemosynteesin avulla tuottamaan tarvitsemansa energian ja orgaanisia yhdisteitä.

avainbiotooppi, key biotope

Poikkeuksellisen arvokas elinympäristö, jossa elää vaatelaita eliölajeja, esim. lehto.

avainlaji, key species, keystone species

Ekosysteemin toimintaan voimakkaasti vaikuttava laji, jonka häviäminen vaikuttaisi haitallisesti koko ekosysteemiin, esimerkiksi rakkolevä Itämeressä.

A-vitamiini, vitamin A

Rasvaliukoinen vitamiini, jonka lähteitä ovat mm maksa ja kasvien karoteenit. Tärkeä osa rodopsiinia eli näköpigmenttiä.

avorauhanen, exocrine gland

Rauhanen, josta eritteet poistuvat tiehyttä pitkin ihon tai limakalvon pinnalle. Näitä ovat esimerkiksi ruuansulatusentsyymejä erittävät rauhaset, kuten sylkirauhaset.

avustettu diffuusio, facilitated diffusion

Aineiden passiivinen kulkeutuminen solukalvon läpi. Aineet siirtyvät solukalvon läpi kantajaproteiinien avulla tai ionikanavien läpi, jolloin niiden siirtyminen nopeutuu.

B**bakteerit, bacteria**

Esitumallisiin kuuluvia eliöitä, joiden solurakenne on yksinkertainen, esim. tumakotelo puuttuu kokonaan.

bakteriofagi, faagi, bacteriophage, phage

Bakteerissa lisääntyvä (loisiva) virus.

basofiili, basophil

Valkosoluihin kuuluva jyväsolu, joka värjäytyy emäksisellä väriaineella.

B-imusolut, B-lymfosyytit, B-lymphocytes

Vasta-ainetuotannosta vastaavia imusoluja. Osa toimii muistisoluina.

bioase, biological weapon

Sodankäynnissä tai terrorismissa käytettäviä bakteereja, viruksia, sienä, alkueliöitä sekä kasvi- ja mikrobiperäisiä myrkyjä.

biodiversiteetti, biodiversity

Elollisen luonnon monimuotoisuus, joka tarkoittaa erilaisten ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuutta, eliöyhteisöjen monimuotoisuutta eli lajirunsausta sekä lajin sisäistä perinnöllistä muuntelua.

bioindikaattori, indicator species

Indikaattori- eli ilmentäjälaaji, siETOISUUDeltaan kapea-alainen laji, jonka esiintymisen tai runsauden perusteella voidaan tehdä päätelmiä ympäristön ominaisuuksista, kuten happamuudesta, suolaisuudesta, ravinteisuudesta, saastuneisuudesta tms., esimerkiksi naava.

bioinformatiikka, bioinformatics

Suurten biologisten tietomäärien hallinta ja hyödyntäminen matematiikan, tilastotieteen ja tietotekniikan keinoin.

biojäte, biowaste

Eloperäistä aineesta muodostunut jäte, jota käsitellään esimerkiksi kompostoimalla.

biokemia, biochemistry

Eliöiden solutasolla tapahtuvia kemiallisia ilmiöitä tutkiva tiede.

biologinen hapenkulutus, BHK, biological oxygen demand

Ilmaisee happimäärään, jonka mikrobit kuluttavat hajottaessaan orgaanista ainetta (mg happea/litra vettä). Mitä enemmän jätevedessä on orgaanista ainesta, sitä enemmän sen hajottamiseen kuluu happea.

biologinen kello, biological clock

Elimistön huonosti tunnettu mekanismi, jonka vaikutuksesta monet elintoiminnot noudattavat jaksollista rytmiä, esimerkiksi yön ja päivän vaihtelua.

biologinen puhdistus, biological treatments

Jätevesien puhdistusmenetelmiä, joissa bakteerien ja alkueläinten avulla hajotetaan jätevesien sisältämiä orgaanisia aineita. Biopuhdistus voi myös käsittää maaperän puhdistamisen eliöiden, esim. bakteerien avulla.

biologinen torjunta, biological pest control

Tuhoeläinkantojen kasvun rajoittaminen niiden luontaisten vihollisten, kuten loisten, petojen ja taudinaiheuttajien, avulla. Esimerkiksi petopunkkien käyttö kasvihuoneissa, tai virusten käyttö mätätypistiästorjunnoissa.

biomassa, biomass

Alueen, populaation tai elion elävän aineksen määrä tietyllä hetkellä, ilmaistaan tuorepainona, kuivapainona tai energiasisältönä.

biomateriaali, biomaterial

Syntetttinen tai luonnollinen materiaali, jonka avulla voidaan keinotekoisesti tuottaa, korvata tai hoitaa elävää kudosta tai elintä. Esimerkiksi keinoiho.

biometria, biometry

Biologiaan liittyvien, numeeristen tietojen käsittelyä tilastomatematisilla menetelmillä. Voidaan soveltaa ihmisen biologisiin ominaisuuksiin perustuvassa yksilöntunnistuksessa.

biomi, biome

Suurekosysteemi. Biosfäärin ja ekosysteemin väliin sijoittuva käsite. Paikallisista ekosysteemeistä koostuva laajempi kokonaisuus, joka vastaa lähinnä maapallon kasvillisuusvyöhykkeitä, kuten tundraa, aroa, aavikkoa, sademetsää, pohjoista havumetsää jne.

bioottinen, biotic

Elolliseen luontoon kuuluva, esimerkiksi kasvi, eläin, yksisolainen eliö jne.

bioottiset ympäristötekijät, biotic factors

Elollisen ympäristön tekijät, kuten pedot, saaliit, loiset, kilpailevat lajit jne.

biopankki, bio bank

Sisältää näytteenluovuttajien biologiset näytteet, useimmiten verinäytteet, DNA-näytteet sekä tiedot näytteenluovuttajien terveydentilasta ja siihen liittyvistä tekijöistä.

biopolttoaine, biofuel

Kasvipööräisiä polttoaineita, joita voidaan valmistaa esimerkiksi öljykasveista tai metsäteollisuuden jättemateriaaleista.

bioreaktori

Ks. fermentori.

biorytmit, biorhythms

Elintoinnoissa havaittava jaksollisuus. Vuorokausi-, kuukausi- ja vuosirytm.

biosfääri, biosphere

Elokehä, ekosfääri. Se osa maapalloa, jossa esiintyy elämää. Maapallon kaikkien ekosysteemien muodostama toimiva kokonaisuus.

bioteknologia, biotechnology

Tekniikkaa, jossa hyödynnetään eliöitä, eläviä soluja, niiden osia tai niistä saatavia aineita. Esimerkiksi piiman valmistus maitohappobakteerien avulla.

bioteollisuus

Ks. teollinen bioteknologia.

biotooppi, biotope

Eliöiden tyypillinen elinympäristö, kuten kasveilla kasvupaikka ja linnuilla pesimäympäristö.

biotuote, bioproduct

Bioteknologian avulla valmistettu tuote.

boreaalinen vyöhyke, boreal zone

Pohjoinen havumetsävyöhyke.

borrelioosi, borreliosis

Borrelia-sukuun kuuluvien bakteerien aiheuttama ja läinnä punkkien (puutiaisen) levittämä tauti. Merkki tartunnasta on punainen rengas puremakohdan ympärillä. Hoidetaan antibiooteilla.

bruttoperustuotanto, gross primary production

Tuottajien kokonaistuotanto, ekosysteemin kaikkien tuottajien yhteensä tiettyssä ajassa sitoma energiamäärä, josta ei ole vähennetty niiden omiin elintoimintoihin kulunutta energiaa.

Bt-toksiinit, Bt-myrkyt, Bt toxins

Bakteerin (*Bacillus thuringiensis*) tuottama aine, joka on myrkyllistä hyönteisille. Siirtämällä myrkyä koodaava geeni kasveihin on valmistettu tuhohyönteisille vastustuskykyisiä viljelykasveja, esim. maissikoisalle vastustuskykyinen maissi.

B-vitamiiniryhmä, vitamin B complex

Entsyymien kofaktoreina (osarakenteina) toimivia vesiliukoisia vitamiineja. Lähteenä viljatuotteet, hiiva ja maksa.

C**cDNA, complementary DNA**

Ks. vastin-DNA.

CFC-yhdiste, chlorofluorocarbon

Kloorifluorihilivety-yhdisteitä, joita käytetään mm. kylmälaitteissa, vaahdotuoveissa ja suihkepulloissa ponnekaasuna. CFC-yhdisteiden sisältämä kloori tuhoaa stratosfäärin otsonia.

CITES-sopimus, Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora

Uhanalaisten eläin- ja kasvilajien kansainvälistä kauppaa koskeva sopimus.

crossing over

Ks. tekijäinvaihdunta.

C-vitamiini, vitamin C

Askorbiinihappo, jota syntyy kasveissa. Lähteenä vihannekset, marjat ja tuoreet hedelmät. Vesiliukoinen, antioksidanttina toimiva vitamiini. Tarvitaan kollageeni-soluväliaineen muodostumisessa. Puute voi aiheuttaa keripukin.

D**Darwinismi, Darwinism**

Charles Darwinin (1809–82) teoria, jonka mukaan eliölajit ovat keittyneet yhteisestä kantamuodosta luonnonvalinnan vaikutuksesta. Kelpoisimpien yksilöiden parempi elossa säilyminen olemassaolon taistelussa johtaa evoluutioon.

DDT**Diklooridifenyyli-trikloorietaani,**

dichlorodiphenyltrichloroethane

Erittäin tehokas hyönteismyrkky, joka otettiin laajalti käyttöön koko maapallolla 1900-luvun jälkipuoliskolla. Aine on kuitenkin osoittanut erittäin vaaralliseksi orgaaniseksi ympäristömyrkyksi. DDT:n käyttö on kielletty useimmissa maissa, mutta sitä käytetään edelleen kehitysmaissa, erityisesti malaria-alueilla.

dementia, dementia

Muistin ja älyllisen suoriutuskyvyn heikkeneminen. Johtuu keskushermoston toiminnan heikkenemisestä.

denaturoituminen, denaturation

Orgaanisen aineen rakenteen tai muiden ominaisuuksien muuttuminen. Esimerkiksi proteiinien rakenne muuttuu lämpötilan, pH:n tai suolapitoisuuden vaikutuksesta.

denitrifikaatio, denitrification

Typpi-yhdisteiden pilkkoutuminen anaerobisten denitrifikaatiobakteerien aineenvaihduntareaktioissa, jolloin typpikaasua vapautuu ilmaan.

detritus, detritus

Kuollut eloperäinen aine tai eliöiden jäte.

diabetes, sokeritauti, diabetes
Sokeriaineenvaihdunnan häiriö, jota on kahta tyyppiä, aikuis- ja nuoruusiän diabetes. Aiheutuu insuliinihormonin määrällisestä tai toiminnallisesta vajauksesta. Nuoruusiän diabetekselle diabetekselle on ominaista insuliinierityksen puuttuminen ja aikuisiän insuliinivaikutuksen heikentyminen.

diastole, diastole
Sydänlihaksen lepovaihe, jonka aikana sydän täyttyy verellä.

diffuusio, diffusion
Aineiden sekoittuminen, joka johtuu atomien ja molekyylien lämpöliikkeestä. Diffuusiosta aineiden pitoisuuserot pyrkivät tasoittumaan. Pienimolekyyliset aineet, esimerkiksi happi ja hiilidioksidi, siirtyvät solukalvon läpi diffuusion avulla.

dihybridiristeytys, dihybrid cross
Risteytys, jossa tarkastellaan risteytettävien yksilöiden kahta perinnöllistä ominaisuutta.

dioksiinit, dioxins
Hiilivetyjä, joiden klooratut muodot ovat pahoja orgaanisia ympäristömyrkyjä eli niin kutsuttuja supermyrkyjä. Aiheuttavat mm syöpää ja sikiövaurioita.

diploidinen, diploidi, diploid
Kaksinkertainen kromosomisto eli tumassa on kutakin kromosomia kaksi kappaletta. Toinen näistä vastinkromosomeista on peritty isältä ja toinen äidiltä.

disakkaridit, disaccharides
Sokereita, jotka muodostuvat kahdesta monosakkaridimolekyylistä. Ne ovat yleensä makeita sokereita, esimerkiksi sakkaroosi ja laktoosi. Ks. hiilihydraatit.

diversiteetti, diversity
Ks. monimuotoisuus.

DNA, deoksiribonukleiinihappo, deoxyribonucleic acid
Solujen perinnöllistä informaatiota sisältävä molekyyli. Se koostuu nukleotideista, joiden rakenneosia ovat fosfaattiosa, deoksiriboosisokeri sekä emäsosa, joka voi olla adeniini (A), tyymiini (T), guaniini (G) tai sytosiini (C). DNA on kierteinen kaksoisjuoste, jota on tumassa, mitokondrioissa ja viherhiukkasissa.

DNA-polymeraasi, DNA-polymerase
DNA-kaksoisjuostetta syntetisoiva eli rakentava entsyymi. DNA-polymeraasi käyttää mallina vastakkaissuuntaista juostetta ja se kykenee rakentamaan uutta juostetta vain yhteen suuntaan (3'→5'). DNA-polymeraaseja on useita erilaisia ja niitä tarvitaan solunjakautumisissa ja vaurioituneen DNA:n korjauksessa.

DNA-siru, DNA chip
Geenisiru, mikrosiru, DNA-lastu. Lasinen tai muovinen pieni levy, johon sijoitetaan tutkittavaksi ja tunnistettavaksi jopa kymmeniä tuhansia erilaisia DNA- tai vastin-DNA-paloja (geenejä).

DNA-tunniste, DNA fingerprint
DNA-sormenjälki. Yksilön DNA:n toistojaksoja, joiden perusteella yksilö voidaan tunnistaa.

Dolly-tekniikka
Ks. tumansiirto.

dominoiva, vallitseva alleeli, dominant allele
Alleeli, joka peittää toisen (resessiivisen) alleelin vaikutuksen ja aiheuttaa yksinkertaisenakin ominaisuuden ilmenemisen.

dopamiini, dopamine
Keskushermoston tärkeä välittäjäaine.

Downin oireyhtymä, Down syndrome
21-trisomia, mongolismi. Kehitysvammaisuus, joka aiheutuu siitä, että yksilön soluissa on ylimääräinen kolmas kromosomi kromosomiparissa 21.

D-vitamiini, vitamin D
Rasvaliukoinen vitamiini, jonka esiastetta syntyy ihmisen iässä UV-säteilyn vaikutuksesta. D-vitamiinia saadaan myös maitotuotteista, kalasta ja kalojen maksasta. Osallistuu kalsiumin ja fosfaatin imeytymiseen suolistosta sekä luuston muodostumiseen. Puute voi aiheuttaa lapsena riisitautia.

dystrofinen järvi, dystrophic lake
Humuspitoinen järvi, joka on yleensä ruskeavetinen ja niukkaravinteinen. Suuri osa Suomen järvistä on tällaisia.

E

ekologia, ecology
Biologian osa-alue, joka tutkii eliöiden levinneisyyteen ja runsauteen vaikuttavia tekijöitä sekä eliöiden ja niiden ympäristön välisiä suhteita.

ekologinen jalanjälki, ecological footprint
Kuvaa, kuinka suurta ekologisesti tuottavaa maa- tai vesialuetta tarvitaan yhden ihmisen kaikkien tarpeiden tyydyttämiseen.

ekologinen käytävä, ecological corridor
Etenkin kaupunkiekologiassa käytetty käsite, jolla tarkoitetaan esimerkiksi viheralueita, joita pitkin eliöt voivat siirtyä alueelta toiselle.

ekologinen pyramidi, ecological pyramid
Kaavio (malli), jonka avulla havainnollistetaan ravintoketjujen lenkkien sisältämää biomassaa, energiaa tai lajimäärää. Alimpana on aina tuottajaporras ja ylimpänä ravintoketjun viimeinen kuluttajaporras, ns. huippupeto.

ekologinen selkäreppu, ecological rucksack
Kuvaa tuotteen valmistamiseen, kuljettamiseen ja käyttöön tarvittavia luonnonvaroja, kun niiden summasta on vähennetty tuotteen oma paino.

ekologinen sukkessio
Ks. sukkessio.

ekologinen tehokkuus, ecological efficiency
Hyötysuhde, jolla ravinto- eli energiapyramidin jokin porras sitoo ottamaansa energiaa biomassaansa eli siirtää sitä seuraavan portaan käyttöön.

ekologisesti kestävä kehitys, ecologically sustainable development
Kestävän kehityksen ekologinen ulottuvuus: ihmisen toiminnan on oltava sopusoinnussa ekologisten prosessien kanssa. Ks. kestävä kehitys.

ekolokero, (ecological) niche
Ekologinen lokero, eliön, populaation tai lajin, paikka, asema ja tehtävä ekosysteemissä. Ilmaisee tapaa, jolla se on sopeutunut ympäristöönsä ja hyödyntää sitä.

ekosysteemi, ecosystem

Eliöiden ja niiden kanssa vuorovaikutuksessa olevan elottoman luonnon muodostama toiminnallinen kokonaisuus jollakin ympäristötekijöiltään jokseenkin yhtenäisellä alueella, esim. metsä, järvi, pelto, akvaario.

ekosysteemien monimuotoisuus, biodiversity of ecosystems, biodiversity of communities

Maapallolla tavattavien erilaisten ekosysteemien ja elinympäristöjen kirjo. Ekosysteemien monimuotoisuus perustuu elottoman luonnon vaihteluihin maapallolla.

ekosysteemipalvelut,**luontopalvelut, nature service**

Luonnon tuottama, eliöyhteisöjen kestävyyttä ja tuotantokykyä yllä pitävä prosessi, esimerkiksi kasvillisuuden merkitys eroosion estäjänä, pölyttäjät, hajottajat jne.

ekotehokkuus, eco-efficiency

Materiaalien ja energian käytön tehokkuuden parantamista. "Vähemmästä enemmän".

ekotoksikologia, ecotoxicology

Luonnossa esiintyviä ja sinne joutuvia myrkyjä sekä niiden vaikutuksia tutkiva tiede.

eksoni, exon

Geenin koodaavan alueen jakso, jonka informaatio siirtyy lähetti-RNA:han ja sitä kautta proteiinisynteesissä syntyvään aminohappoketjuun.

eksosytoosi, exocytosis

Aineiden tai molekyylien aktiivinen kuljetus pienissä rakkuloissa ulos solusta.

eksponentiaalinen kasvu, exponential growth

Eliöpopulaation rajoittamaton kasvu, jonka kuvaaja on lineaarisella asteikolla J-kirjaimen muotoinen. Voi toteutua lyhyen aikaa optimioloissa.

elektroforeesi, electrophoresis

Laboratoriomenetelmä, jossa sähkövirran avulla erotellaan erikokoisia molekyyliä. DNA- ja RNA-molekyylien erottelu perustuu niiden negatiiviseen varaukseen ja erikokoisten palasten liikkumisnopeuteen agarosigeelissä.

elektroni, electron

Negatiivisesti varautunut alkeishiukkanen. Atomeissa elektronit ovat ytimen ympärillä.

elektroninsiirtoketju,*electron transfer chain*

Hapetus-pelkistysreaktioiden sarja, jossa energiaa vapautuu glukoosista vähitellen ja vapautuva energia sitoutuu ATP-molekyyliin. Elektroninsiirtoketju toimii mm. soluhengityksessä.

elektroporaatio, electroporation

Geeninsiirrossa käytettävä menetelmä, jossa liuoksessa oleville soluille annetaan sähköinen impulssi. Sen seurauksena solukalvon läpäisevyys lisääntyy ja liuoksessa olevat DNA-palat voivat siirtyä soluun.

elimistö, organ system

Useasta elimestä koostuva kokonaisuus, joka hoitaa tiettyä tehtäväkokonaisuutta. Esimerkiksi hengityselimistö.

elin, organ

Eläimillä erilaisista kudoksista muodostunut, tiettyyn tehtävään erikoistunut toimiva kokonaisuus. Esimerkiksi sydän.

elinkaariarviointi, life-cycle assessment

Menetelmä, jossa selvitetään, mitä ympäristövaikutuksia tuotteella tai palvelulla on koko sen elinkaaren aikana.

eliö, organism

Yhden tai useamman solun muodostama itsenäisesti toimiva yksilö, kuten kasvi, eläin, sieni, arkkki, bakteeri tai alkueliö.

eliöyhteisö, community

Tietyn alueen kaikkien eliöiden, kuten eläinten, kasvien, sienten ja mikrobien populaatioiden muodostama toiminnallinen kokonaisuus.

eloonjäämiskuvaaja, survivorship curve

Kuvaaja, joka ilmaisee populaation eri-ikäisten yksilöiden todennäköisen eliniän.

elävä fossiili, living fossil

Nykyisin eläviä eliöitä, jotka ovat eläneet varhaisemmillä geologisilla aikakausilla ja pysyneet nykypäivään asti melko muuttumattomina, esimerkiksi siili ja neidonhiuspuu.

emi (emiö), pistil

Kukanosa, jonka sisällä siemenaihe kehittyy siemeneksi. Emin osia ovat sikiäin, vartalo ja luotti.

emigraatio, emigration

Poismuutto, lähtömuutto.

emäskolmikko (tripletti), base triplet

Kolmen peräkkäisen nukleotidin ryhmä DNA:ssa ja RNA:ssa.

Kukin emäskolmikko vastaa jotain aminohappoa tai proteiinisynteesin aloitus- ja lopetusmerkkiä.

emäspariperiaate, base pair rule

Nukleotidien emäsosien vetysidosten muodostuminen niin, että DNA:ssa vain adeniini ja tymiini (A-T) sekä guaniini ja sytosiini (G-C) voivat muodostaa emäsparin.

endeeminen laji, endemic species

Laji, jonka luonnollinen levinneisyys kattaa vain tietyn suppeahkon alueen, esimerkiksi tunturisopuli Fennoskandiassa. Valtamerten eristyneiden saarten lajisto koostuu usein endeemisistä lajeista.

endorfiinit, endorphins

Pääasiassa hermostossa syntyviä viestiaineita, joiden fysiologiset vaikutukset ovat morfiinin kaltaisia.

endosymbioositeoria, endosymbiosis theory

Tumallisten solujen mitokondriot ja viherhiukkaset ovat alun perin varhaisen solun sisään joutuneita bakteereita.

endosytoosi, solusyönti, endocytosis

Solu ympäröi solukalvolla esim. ravintonsa (ameeba) tai tuhottavan eliön (valkosolu), siirtää sen sisäänsä ja entsyymit hajottavat sen.

energian ohivirtaus, energy outflow, respiratory heat loss

Energia, jonka kukin ravintoketjun lenkki tai energiapyramidin porras kuluttaa omiin elintoimintoihinsa. Ilmaistaan yleensä prosentteina eliön käyttöön tulevan energian määrästä.

energian virtaus, energy flow

Energian kulku ekosysteemissä: energiaa sitoutuu eliöihin yhteyttämisessä, sitä siirtyy ravintoketjuissa kuluttajille ja hajottajille ja poistuu jokaisessa vaiheessa energian ohivirtauksena eliöiden kannalta käyttökeltottomassa muodossa eli lämpöenergiaa.

energiapyramidi, energy pyramid

Kaavio (malli), jolla havainnollistetaan ravintoketjujen eri tasojen sisältämää energiaa. Ks. ekologinen pyramidi.

entsyymi, enzyme

Proteiini, joka katalysoi jotakin kemiallista reaktiota muuttumatta reaktiossa itse. Ainetta, jonka reaktiota entsyymi katalysoi, kutsutaan substraatiksi. Reaktiossa substraatti liittyy entsymin aktiiviseen kohtaan. Reaktion tuloksena syntyy lopputuote tai -tuotteita.

eosinofiili, eosinophil

Valkosoluihin kuuluva jyväsolu, joka värjäytyy happamalla eosiiniväriä.

epidemia, epidemic

Taudin esiintymisen voimistuminen ja taudin leviäminen populaatiossa.

epifyytti, epiphyte

Kasvi tai jäkälä, joka kasvaa kasvin päällä, mutta siitä ei ole isännälleen hyötyä eikä haittaa. Esimerkiksi sormipaisukarve tai naava kuusen oksilla.

epigeneesi, epigenesis

Geenien ilmentymisen muutoksia, jotka eivät ole DNA-sekvenssin mutaatioita. Perimästä riippumatta yksilöllä on eri geenit aktiivisina. Esimerkiksi identtisten kaksosten fenotyyppi voi tästä syystä olla erilainen.

epiteelikudos, epithelium

Solut ovat vierekkäin ja tiukasti kiinni toisissaan. Jaetaan toiminnallisesti kolmeen päätyyppiin: pinta-, aistin- ja rauhaskudokseen.

epäidenttiset (erimunaiset)**kaksoset, non-identical twins**

Kaksoset, jotka ovat syntyneet kahdesta samaan aikaan hedelmöityneestä munasolusta. Epäidenttisillä kaksosilla on eri perimä.

epäorgaaninen yhdiste, inorganic compound

Elottoman luonnon yhdiste. Ei yleensä sisällä hiiltä.

erektio, erection

Siittimen ja klitoriksen jäykistyminen sukupuolisessa kiihotuksessa.

eriperintäinen, heterozygote

Ks. heterotsygootinen.

erytropoietiini, epo, erythropoietin

Munuaisten erittämä, punasolujen muodostumista edistävä kudoshormoni.

esiaste-RNA, heterogeneous nuclear RNA

Transkription tuloksena syntynyt RNA-molekyyli, joka sisältää sekä eksonien että intronien sisältämän informaation. Esiaste-RNA:sta silmukoidaan intronit pois, jolloin muodostuu lähetti-RNA.

esisyöpägeeni, proto-oncogene

Solun normaalia kasvua ja kehitystä säätelevä geeni, joka voi muuttua syöpägeeniksi.

esitumallinen, prokaryootti, prokaryote

Solu ja eliö, josta puuttuu tumakotelo ja suuret kalvorakenteiset soluelimet, kuten mitokondriot ja viherhiukkaset. Esitumallisiin kuuluvat arkit ja bakteerit.

estrogenit, estrogens

Naispuolisia sukupuoliominaisuuksia sääteleviä steroidihormoneja.

eteiskäytävä, vestibular canal, scala vestibuli

Yksi sisäkorvan simpukassa olevista pitkittäiskäytävistä.

etologia, ethology

Biologian osa-alue, joka tutkii eläinten käyttäytymistä.

etukammio, anterior chamber

Silmän sarveiskalvon ja värikalvon välinen, nesteen täyttämä tila.

eturauhanen, prostate

Selkärankaishoirailla virtsaputken ympärillä oleva rauhanen, joka tuottaa siemennesteeseen ravintoa siittiöille.

etyleen, ethylene

Kaasumainen kasvihormoni (C₂H₄), jota syntyy mm. kypsyvissä hedelmissä. Se edistää solujen vanhenemista ja lehtien karisemista.

etäpesäke, metastasis

Kasvain, joka on kehittynyt syöpäsoluista, jotka ovat irronneet alkuperäisestä kasvaimesta ja kulkeutuneet verenkierron mukana muualle elimistöön.

eutrofinen järvi, eutrophic lake

Runsasravinteinen, rehevä järvi, jossa perus- ja jatko tuotanto ovat suuria.

evoluutio, evolution

Populaatioissa ja lajeissa tapahtuva kehitys, joka perustuu mutaatioihin, suvulliseen lisääntymiseen, luonnonvalintaan ja sattumaan. Se johtaa populaatioiden ja lajien perinnölliseen muuttumiseen ja parempaan sopeutumiseen ympäristöönsä.

F**F₁-polvi, F₁ generation**

Risteytyksissä ensimmäinen jälkeläissukupolvi.

F₂-polvi, F₂ generation

Risteytyksissä toinen jälkeläissukupolvi.

faagi, phage

Ks. bakteriofagi.

fagotsytoosi, phagocytosis

Solusyönti, solukalvo ottaa sisälleen suuren molekyylin, ravintohiukkasen, eräät valkosolut kokonaisen bakteerin. Alkueläinten ravinnonottotapa.

factor-4, Factor 4

Ekotehokkuutta kuvaava kerroin, jonka mukaan ekotehokkuutta tulisi tehostaa nelinkertaiseksi eli nykyistä kulutustasoa pyritään ylläpitämään yhdellä neljäsosalla nykyisestä raaka-aineiden ja energian kulutuksesta.

fenoli, phenol

Karbolihappo eli fenyylialkoholi C₆H₅OH. Myrkyllinen aromaattinen alkoholi, jota on käytetty nukleiinihappojen eristämässä, mutta jonka käytöstä on luovuttu myrkyllisyyden takia. Luonnossa kasvit tuottavat fenoliyhdisteitä torjuakseen niillä kasvinsyöjiä.

fenotyyppi, ilmiö, phenotype

1. Perimän ja ympäristötekijöiden määräämä yksilön havaittavien ominaisuuksien kokonaisuus, 2. Tietyn alleeliparin ilmeneminen yksilössä.

feromonit, pheromones

Eläinten tuottamia ja ympäristöönsä levittämiä aineita, jotka toimivat lajinsisäisinä signaaleina.

fermentori, fermentor

Laite (bioreaktori), jossa biologisissa prosesseissa valmistetaan esimerkiksi entsyymeitä.

fibriini, fibrin

Liukenematon, säikeinen proteiini, jota muodostuu fibrinogeenistä veren hyytyessä.

fibrinogeeni, fibrinogen

Veriplasman vesiliukoinen proteiini, joka veren hyytyessä muuttuu liukenemattomaan muotoon, fibriiniksi.

fitnessi, fitness

Ks. kelpoisuus.

folitropiini, FSH, follicle-stimulating hormone

Hormoni, joka syntyy aivolisäkkeessä ja saa aikaan munasolun kypsymisen munarauhasissa ja siittiöiden kypsymisen kiveksissä.

fosfolipidit, phospholipids

Solujen lipidejä, jotka koostuvat glyserolista, rasvahapoista ja fosfaatista. Fosfolipidit muodostavat solukalvon kaksikerroksisen rungon.

fosforin kierto, phosphorus cycle

Fosforin kiertokulku maaperässä ja eliöissä.

fossiili, fossil

Muoin elänyt eliö, joka on säilynyt nykypäiviin saakka esimerkiksi kivetymänä, valelmana tai painanteena.

fossiiliarja, series of fossils

Samasta eliöstä löytyneet erikäiset fossiilit, jotka todistavat elion asteittaisesta kehityksestä. Esimerkiksi hevosen fossiiliarja.

fotoperiodismi, photoperiodism

Valojaksoisuus. Eliöiden, erityisesti kasvien, kasvu ja kukkiminen riippuvat valon jakautumisesta vuorokauden- ja vuoden aikana.

fotosynteesi, photosynthesis

Monivaiheinen reaktiosarja, jossa valoenergia sitoutuu orgaanisten yhdisteiden sidosenergiaksi. Fotosynteesin lähtöaineita ovat epäorgaaniset hiilidioksidi ja vesi, lopputuotteita glukoosi ja happi. Fotosynteesissä on kaksi vaihetta: valo- ja pimeäreaktiot.

FSH, folitropin

Ks. folitropiini

funktionaalinen elintarvike,

functional food

Ks. terveysvaikutteinen elintarvike

fysiologinen suolaliuos, physiological salt solution

Veriplasman osmoottista arvoa vastaava natriumkloridiliuos. Ihmisellä sen väkevyyden on 0,9 %.

fytochromit, phytochromes

Kasvisoluissa olevia värillisiä proteiineja, jotka ottavat vastaan tiettyä valon aallonpituuksia. Esim. fytochromi-660 ottaa vastaan punaista valoa, jonka aallonpituus on 660 nm.

G**gameetti, gamete**

Ks. sukusolu

ganglio, ganglion

Hermosolujen solukeskuksista muodostunut solmumainen paksunnos hermossa tai hermorungossa.

gastrini, gastrin

Kudoshormoni, joka säätelee suolahapon ja pepsinogeenin erittymistä maharauhasista.

gastrulaatio, gastrulation

Selkärankaisten alkionkehityksen tapahtumasarja, jossa alkiolevy jakautuu kolmeksi alkiokerrokseksi.

geeni, gene

Perintötekijä. Solun toimintaa ohjaava toiminnallinen DNA:n jakso. Geeni sisältää informaation tietyn proteiinin valmistamiseksi. Geeni koostuu tumallisilla eliöillä säätelyalueesta ja koodaavasta alueesta. Perinnöllisyystieteessä geeni tarkoittaa yksikköä, joka vaikuttaa elion ominaisuuksiin.

geenien kartoitus, gene mapping

1. Geenien ja geenimerkkien sijainnin selvittäminen kromosomeissa, 2. Myös geenien emäsjärjestyksen selvittäminen (ks. sekvensointi).

geenihoito, geeniterapia, gene therapy

Sairauden hoitaminen siirtämällä terve geeni potilaan somaattisiin soluihin joko kudostiljelmässä tai suoraan potilaan kudokseen.

geenikirjasto, gene library

Esim. bakteeriviljelmään siirretty jonkin elion perimä tai osa siitä. Kirjasto voi koostua elion koko genomista, joka on päätetty katkaisusysteemeillä sattumanvaraisesti palasiin ja liitetty bakteerien plasmideihin. Se voi olla myös ns. vastin-DNA kirjasto, josta on käänteiskopioinnin avulla otettu pois proteiineja koodaamattomat osat eli intronit.

geenimerkki, genetic marker

Tunnistettava geeni tai DNA-jakso, jonka paikka perimässä tiedetään tarkasti. Geenimerkkien avulla paikannetaan muita genejä kromosomeissa.

geenimutaatio, gene mutation

Pysyvä perinnöllinen muutos geenin rakenteessa. Tavallisesti muutos johtuu DNA:n nukleotidien vaihtumisesta, puuttumisesta tai monistumisesta. Geenin eri alleelit ovat syntyneet geenimutaatioiden seurauksena.

geenin ilmentyminen, gene expression

1. Solu tuottaa geenin koodaamaa proteiinia tai RNA:ta. 2. Geenin ilmeneminen elion fenotyypissä.

geenin kloonauk, gene cloning

Geenin monistamista bakteerikloonin plasmideissa.

geenipankki, gene bank

Geenikokoelma, jonka avulla säilytetään geneettisiä luonnonvaroja; mahdollisimman edustava kokoelma eliöiden kantamasta perintöaineksesta eli DNA:sta. Elävien eliöiden, eläinten sukusolujen tai alkioiden, itiöiden tai siemenien kokoelma, jonka tarkoituksena on säilyttää uhanalaisten lajien geneettinen materiaali. Esimerkiksi eläintarhat, kasvitieteelliset puutarhat.

geeniperhe, gene family

1. Yhteistä alkuperää olevat, samankaltaiset geenit, jotka koodaavat samankaltaisia proteiineja (esim. globiineja koodaavat geenit). 2. Saman geenin esiintyminen useana kopiona.

geenipyssy, gene gun

Laite, jonka avulla soluihin ammutaan DNA:lla päällystettyjä kultahiuksia.

geeniruoka, genetically modified food

Ks. muuntogeeninen ravinto.

geeniseulonta, *genetic screening*
Tiettyjen geenien etsintä väestöstä geenitestien avulla.

geenitekniikka, *genetic engineering, gene manipulation*
Perintöaineksen eristämistä, analysointia, muokkaamista ja siirtämistä muihin eliöihin tai soluihin.

geenitekniikkalaki, *gene technology law*
Suomessa vuonna 1995 voimaan tullut laki, jonka tarkoituksena on edistää geenitekniikan turvallista käyttöä ja kehitystä eettisesti hyväksyttävällä tavalla. Lakia uudistettiin 2004.

geeniteknologia, *gene technology*
Geenitekniikka sovelluksineen.

geeniterapia, *gene therapy*
Ks. geenihoito.

geenitesti, **DNA-testi**, *gene test*
Koettimien avulla tehtävä laboratoriokoe, jolla tunnistetaan geenejä tai mahdollisia geenivirheitä perimästä. Ks. koetin.

geenivirta, *gene flow*
Geenien kulkeutuminen populaatiosta toiseen esimerkiksi siirtyvien yksilöiden tai kasvien siementen, itiöiden ja siitepölyn mukana.

geneettinen ajautuminen,
satunnaisajautuminen, *genetic drift*
Erityisesti pienissä populaatioissa havaittava ilmiö, jonka vaikutuksesta populaation geenikoostumus muuttuu sattumanvaraisesti.

geneettinen leimautuminen, *genetic imprinting*
Jommalta kummalta vanhemmalta peräisin olevan kromosomin tai alleelin muuttuminen inaktiiviseksi jälkeläisen yksilönkehityksen aikana.

geneettinen muuntelu, *genetic variation*
Perinnöllinen muuntelu. Saman lajin yksilöiden välillä ilmenevä, geenien aiheuttama yksilöiden ja populaatioiden erilaisuus.

geneettinen rekombinaatio, *genetic recombination*
Alleelien sattumanvarainen järjestäytyminen suvullisessa lisääntymisessä sellaisiksi yhdistelmiksi, joita vanhemmilla ei esiinny. Geneettinen rekombinaatio on seurausta mendelistisestä rekombinaatiosta ja tekijäinvaihdunnasta.

geneettiset sormenjäljet, *DNA fingerprints*
Ks. DNA-tunniste.

generalisti, *generalist*
Eläinlaji, jolla on laaja ekologinen lokero. Pystyy hyödyntämään monipuolisesti ympäristöresursseja, esimerkiksi ravintoa.

genetiikka, *genetics*
Ominaisuuksien periytymistä ja muuntelua tutkiva tiede.

genomi, *genome*
Elion koko perimä.

genomihanke, **ihmisen genomihanke**, *Human Genome Project*
Laaja tutkimushanke (1990–2003), jonka tavoitteena on ollut ihmisen koko genomien emäsjärjestyksen selvittäminen. Hanketta on koordinoitunut HUGO (Human Genome Organisation).

genomiikka, *genomics*
Tutkimusala, jossa paneudutaan geenien rakenteen (rakenteellinen genomiiikka) ja niiden yhteistoiminnan (funktionaalinen genomiiikka) selvittämiseen.

genotyyppi, **perimä**, *genotype*
1. kaikkien yksilön vanhemmiltaan perimien geenien kokonaisuus, 2. kunkin geenilokuksen alleeliyhdistelmä.

gibberelliinit, *gibberellins*
Kasvin siementen itämistä, solunjakautumista ja pituuskasvua edistäviä kasvihormoneja.

glukagoni, *glucagon*
Haiman erittämä hormoni, joka säätelee maksan glykogeenin hajottamista glukooksiksi.

glukoosi, **rypälesokeri**, *glucose*
Kuudesta hiiliatomista, kahdestatoista vetyatomista ja kuudesta happiatomista rakentunut yksinkertainen sokeri eli monosakkaridi (C₆H₁₂O₆). Glukoosi on solujen tärkein energialähde. Ks. monosakkaridi.

glykogeeni, **eläintärkkelys**, *glycogen*
Glukoosista rakentunut monihaarainen polysakkaridi, jota eläimillä on varastoituneena lihaksissa ja maksassa.

glykolyysi, *glycolysis*
Soluhengityksen ensimmäinen vaihe, jossa glukoosimolekyyli hajoaa kahdeksi palorypälehappo- eli pyruvaattimolekyyliksi. Glykolyysissä syntyy lisäksi vetyä ja sitoutuu energiaa ATP-molekyyleihin.

GMO, *genetically modified organism*
Ks. muuntogeeninen eliö.

Golgin laite, *Golgi apparatus*
Litteistä kalvopusseista ja pienistä rakkuloista muodostunut soluelin tumallisissa soluissa. Golgin laitteessa muokataan ja pakataan eritettäviä proteiineja ja kalvoproteiineja.

gonadotrooppiset hormonit, *gonadotropins*
Aivolisäkkeestä erittyviä hormoneja, jotka säätelevät sukupuolirauhasten toimintaa. Gonadotrooppisiin hormoneihin kuuluvat mm. follitropiini (FSH) ja lutropiini (LH).

gramnegatiivinen, *Gram negative*
Gramvärjäyksessä värjäytymättömäksi jäävä bakteerisol.

grampositiivinen, *Gram positive*
Gramvärjäyksessä violetiksi värjäytyvä bakteerisol.

gramvärjäys, *Gram's staining*
Värjäysmenetelmä, jota käytetään apuna bakteerien tunnistuksessa. Värjäytymisen lopputulos perustuu bakteerin soluseinän rakenteeseen.

granulosyytti, *granulocyte*
Ks. jyväsolu.

guaniini, *guanine*
Yksi nukleiinihappojen nukleotidien neljästä mahdollisesta emäsosasta.

H

haihtumisimu, *transpiration pull*
Kasveissa ilmarakojen kautta haihtuvan veden korvautuminen johtosolukkoa pitkin nousevalla vedellä.

haima, *pancreas*
Elin, joka erittää ruuansulatussynteisejä (avoeritteinen) sekä insuliini- ja glukagonihormoneja (umpirauhanen).

hajakuormitus, *scattered loading*
Luontoon tuleva kemiallinen kuormitus, joka on lähtöisin useista päästölähteistä, kuten pelloilta, haja-asutuksesta tai liikenteestä.

hajottaja, decomposer

Eliö, joka käyttää tarvitsemansa energian lähteenä eläinten jätöksiä tai kuolleita eliöitä. Hajottajat palauttavat aineet luonnon kiertokulkuun.

hajottava valinta, disruptive selection

Etenkin vaihtelevassa ympäristössä ilmenevä luonnonvalinnan muoto, jossa valinta suosii tietyn ominaisuuden kumpaakin ääripäätä ilmentäviä populaation yksilöitä. Ks. valinta.

hajuhermo, olfactory bulb

Hermo, joka tuo impulsseja nenän hajualueen aistisoluilta isoaivojen hajualueelle.

hallittu hoitamattomuus, benign neglect

Kaupunkien viheralueiden hoidossa käytetty käsite, joka tarkoittaa alueiden osittaista hoitoa perinteisin viherrakentamisen keinon ja osittain niiden jättämistä luonnontilaisiksi.

halofiilinen, halophilic

Suolaista ympäristöä suosiva tai kestävä eliö, esim. osa arkeista on halofiilejä.

hankittu immunitaetti, acquired immunity

Immunitaetti, joka perustuu spesifisten vasta-aineiden ja muistisolujen säilymiseen ensimmäisen tartunnan jälkeen.

hapan laskeuma, acid deposition

Fossiilisia polttoaineita poltettaessa syntyvät rikin ja typen oksidit, jotka laskeutuvat maahan joko kuiva- tai märkälaskemana (hapan sade).

hapan kierto, oxygen cycle

Hapen kiertokulku ilmakehässä, maaperässä ja eliöissä.

hapettuminen, oxidation

Reaktio, jossa aineen atomit luovuttavat elektroneja. Elektroneja luovuttava aine hapettuu. Ks. hapetuspelkistysreaktio.

hapetus-pelkistysreaktio, oxidation-reduction reactions (redox reactions)

Reaktio, jossa hapettuvan aineen atomit luovuttavat elektroneja pelkistävän aineen atomeille. Hapettuminen ja pelkistyminen tapahtuvat aina samanaikaisesti: aina kun jokin aine hapettuu, toinen pelkistyy. Esimerkiksi soluhengityksessä ja fotosynteesissä tapahtuu hapetus-pelkistysreaktioita.

haploidinen, haploidi, haploid

Yksinkertainen kromosomisto. Tumallisilla eliöillä haploidisia soluja ovat meioosin tuloksena syntyneet sukusolut. Esitumalliset eliöt ovat aina haploideja.

haploryhmä, haplotype

Saman lajin yksilöillä on toisiaan muistuttavia mutaatiotyyppejä. Ihmisellä tutkitaan yleensä äidiltä periytyvien mitokondrioiden mutaatioita. Mutaatioiden perusteella voidaan koota yhteisöjä, joilla on sama haploryhmä eli mutaatiotyyppi.

happamoituminen, acidification

Ekosysteemien pH:n lasku, joka aiheutuu pääasiassa ihmisen ilmakehään päästämistä rikki- ja typpiyhdisteistä.

happikato, oxygen debt

Veteen liuenanut happi loppuu tai vähenee, koska runsaan orgaanisen aineen takia hajottajien toiminta kuluttaa hapeta.

harmaa aine, grey matter

Keskushermoston harmaalta näyttävät osat, joissa on ydintupettomia viejäharakkeita ja hermosolujen solukeskuksia.

harsuuntuminen, reduced foliage

Havupuiden neulaskato, jota voivat aiheuttaa monet tekijät, esimerkiksi happamoittavat päästöt, taudit ja tuholaiset sekä säätekijät.

HDL-lipoproteiini, high density lipoprotein

Lipoproteiini, joka kuljettaa kolesterolia. HDL-lipoproteiini on ns. hyvä lipoproteiini, joka ei tartu verisuonten seinämiin ja se pystyy poistamaan ns. pahaa lipoproteiinia (LDL) verisuonten seinämistä.

hedelmöitys, fertilization

Siittiö- ja munasolun yhdistyminen.

heijaste

Ks. refleksi.

heimo, family

Eliöiden tieteellisessä luokittelussa käytettävä yksikkö. Esimerkiksi koiraeläinten heimo. Heimo voidaan jakaa sukuihin.

hemofilia, verenvuototauti, hemophilia

Sairaus, jossa verestä puuttuu hyytymistekijä. Hemofiliaa on eri tyyppisiä: hemofilia-A:n ja -B:n aiheuttava alleeli periytyy resessiivisesti X-kromosomissa.

hemoglobiini, verenpuna, hemoglobin

Hapeta sitova proteiini veren punasoluissa.

hengitys, respiration

1. Elintoiminto, jossa elimistö ottaa hapeta ja luovuttaa hiilidioksidia.
2. Soluhengitys on yhteyttämiselle vastakkainen reaktiosarja, jossa orgaanisessa aineessa olevaa kemiallista energiaa vapautuu elion käyttöön ja osa poistuu lämpönä.

hermo, nerve

Hermosolujen viejäharakkeista, tukisoluista, verisuonista ja sidekudoksesta muodostunut, yleensä sidekudoskalvon peittämä rakenne. Hermossa on sekä keskushermostosta poispäin että siihen päin impulsseja kuljettavia hermosoluja tai muutaman hermosolun jonoja, hermoratoja.

hermoimpulssi, nerve impulse

Hermosolussa etenevä toimintajännite, jonka aikana hermosolun solukalvon sisä- ja ulkopuolen välinen ionitasapaino muuttuu hetkellisesti.

hermokudos, nerve tissue

Eläinten kudostyyppi, joka on erikoistunut tiedon vastaanottoon, kuljettamiseen ja käsittelyyn.

hermorata, neural pathway

Hermorata on toisiinsa yhteydessä olevien hermosolujen ketju, ja hermoimpulssien säännöllisesti käyttämä reitti.

hermosolu, neuron

Hermoston rakenteellinen ja toiminnallinen yksikkö, joka välittää hermoimpulsseja.

hermosto, nervous system

Hermokudoksesta muodostunut elinjärjestelmä, joka toimii elimistön viestinvälittäjä- ja säätelyjärjestelmänä. Hermosto jaetaan keskus- ja ääreishermostoon.

hermotukisolu, gliasolu, glia cell
Hermosoluja tukeva ja niille ravintoa välittävä solu. Esimerkiksi hermosolujen viejähaarakkeita ympäröivä myeliinituppi on muodostunut hermotukisoluista.

hermovälittäjäaine, neurotransmitter
Viestiaine, joka välittää hermosolun viejähaaraketta (aksonia) pitkin tulleen sähköisen impulssin synapsin kautta kemiallisesti seuraavaan soluun, esimerkiksi hermo- tai lihassoluun.

heteroosi, heterosis
Heterotsygoottisissa yksilöissä (risteymissä) ilmenevä elinvoima, kuten esim. suurempi koko.

heterotrofi, heterotrofinen, heterotrophic
Toisenvarainen eliö, joka käyttää hyväkseen tuottajien sitomaa energiaa ja biomassaa. Kaikki kuluttajat ja hajottajat ovat toisenvaraisia.

heterotsygoottinen, heterozygotic
Yksilö tai solu, jolla on tietystä geenistä kaksi erilaista alleelia, eriperintäinen.

hiilen kierto, carbon cycle
Hiilen kiertokulku ilmakehässä, maaperässä ja eliöissä. Nopeakiertoisella hiilellä tarkoitetaan maa- ja vesiekosysteemien biomassassa olevaa hiiltä. Hidaskiertoista hiiltä on pääasiassa fossiilissa polttoaineissa.

hiilihydraatit, carbohydrates
Hiilestä, hapestä ja vedystä rakentuneita orgaanisia molekyylejä. Ks. monosakkaridit, disakkaridit ja polysakkaridit.

hiilinielu, carbon sink
Runsaasti hiiltä sitovat ekosysteemit, joista tärkeimpiä ovat meret, metsät ja suot.

hiivat, yeasts
Mikrobeihin luettavia mikroskooppisia sieniä. Pystyvät elämään sekä aerobisissa (hapellisissa) että anaerobisissa (happetomissa) oloissa. Esimerkiksi leivinihiiva.

hippokampus, hippocampus
Isoaivojen ohimolohkon sisäosissa sijaitseva harmaasta aineesta muodostunut hermosolukimppu. Sillä on tärkeä rooli uusien asioiden opittamisessa.

histamiini, histamine
Tulehdusten ja allergisten reaktioiden yhteydessä syöttösoluista vapautuva aine, joka aiheuttaa mm. turvotusta, kihelmöintiä, punoitusta ja kutinaa.

histoniproteiinit, histones
Kromosomin perusrakenteeseen kuuluvia, vesiliukoisia proteiineja. Osallistuvat pääasiassa DNA:n pakkaamiseen.

hiussuoni, capillary
Valtimoiden ja laskimoiden välisiä erittäin ohuita verisuonia, joiden kautta kaasujen ja ravintoaineiden vaihto tapahtuu kudoksissa.

hivenaine, micronutrient
Alkuaine tai yhdiste, jota eliö tarvitsee elintoimintoihinsa hyvin pieniä määriä. Esimerkiksi rauta, kupari, mangaani.

HI-virus, HIV, human immunodeficiency virus
RNA- eli retroviruksiin kuuluva ihmisen virus, joka lisääntyy auttaja-T-soluissa. Aiheuttaa tarttuvan immuunikatotaudin eli AIDS:in.

hoidollinen kloonauk, solukorvaushoito, therapeutic cloning
Hoitomenetelmä, jossa potilaaseen siirretään kantasoluista erilaistettuja soluja.

homeet, moulds
Rihmamaisia hajottaja- ja loissieniä, jotka kasvavat peitteinä kasvualustassaan.

homeoottiset geenit, homeogeenit, homeotic genes
Kokonaisen geenisarjan toimintaa ja samalla kokonaisen elimen (esim. eläimen raajan tai kasvin kukan osien) kehitystä ohjaavia geenejä. Mutaatio homeoottisissa geeneissä aikaansaa muutoksen, joka voi johtaa uudenlaisten rakenteiden kehittymiseen.

homeostasia, homeostaasi, homeostasis
Elimistön sisäinen tasapainotila, jota pitävät yllä elimistön säätelyjärjestelmät, pääasiassa hermosto ja hormonit. Häiriön sattuessa säätelyjärjestelmät pyrkivät palauttamaan tasapainon palautejärjestelmien avulla (negatiivinen palautejärjestelmä).

Homo
Hominidae heimoon kuuluva ihmisen suku, johon on kuulunut useita eri lajeja, kuten pystyihminen (*Homo erectus*). Nykyisin ihmisen suvun ainoa edustaja on nykyihminen (*H. sapiens*).

homotsygoottinen, homozygotic
Yksilö, jolla on tietystä geenistä kaksi samanlaista alleelia, samaperintäinen.

hormoni, hormone
Elimistön umpirauhasten tuottamia viestiaineita, jotka kulkevat veren mukana kohdesoluihinsa ja vaikuttavat solujen toimintaan hyvin pieninä pitoisuuksina.

hox-geenit, hox genes
Geenejä, jotka ohjaavat eläinten ruumiin ja joakkeisuuden kehittymistä sekä elimistön kaavoittumista ja muotoutumista.

huippupeto, top predator
Ravintoketjun viimeinen kuluttajaporras, jolla ei ole saalistajia.

hybridi, hybrid
Kahden perimältään erilaisen yksilön risteytymisestä syntyvä jälkeläinen.

hybridisaatio, hybridization
1. Kahden geneettisesti erilaisen eliön lisääntyminen keskenään. 2. DNA- tai RNA-juosteiden taipumus muodostaa emästen välisiä sidoksia ja liittyä niiden avulla toisiinsa.

hydrofiilinen, hydrophilic
Vesihakuinen, vettä suosiva eliö tai aine.

hydrofobinen, hydrophobic
Vettä karttava eliö tai aine.

hypotalamus, hypothalamus
Väliaivojen alaosa, johon aivolisäke on kiinnittynyt. Hypotalamus ohjaa yhdessä aivolisäkkeen kanssa umpirauhasten toimintaa ja säätelee myös autonomisen hermoston toimintaa (mm. nälkä, jano).

hypoteesi, hypothesis
Tieteellinen oletus jonkin ilmiön toimintamekanismista. Hypoteesi pyritään testaamaan tutkimuksen ja kokeiden avulla.

hyppivä geeni, transposoni, transposon
DNA:n jakso, jolla on kyky siirtyä kromosomistossa paikasta toiseen. Usein alun perin viruksen mukana siirtynyt geeni, joka on liittynyt osaksi isäntälajin perimää.

häirintäkilpailu, *interference competition*
Kilpailun muoto, jossa eliöt ovat kosketuksissa toistensa kanssa, taistelevat tilasta, pesäpaikoista tai parittelukumppaneista; kasveilla kemiallisten haitta-aineiden erityys.

hämäränäkö, *night vision*
Silmän verkkokalvon sauvasoluihin perustuva kyky nähdä niukassa valossa. Aistimuksena on mustavalkoinen kuva.

häviämä, *deletion*
Kromosomimutaatio, jossa tietty kromosomin osa siinä olevine geeneineen häviää.

identtiset, samamunaiset kaksoiset, *identical twins*

Kaksoiset, jotka ovat syntyneet, kun hedelmöittynyt munasolu on aikaisessa vaiheessa jakautunut kahtia. Heillä on samat perintötekijät.

ihmisapinat, *anthropoid apes*
Ihmistä lähinnä olevia nykyisin eläviä kädellisiä: simpanssit, kongonsimpanssi, gorillat ja oranki.

ihonalaiskudos, *subcutis, subcutaneous tissue*

Side- ja rasvakudoksesta koostuva kudokerros, joka yhdistää ihoa ja sen alla olevia muita kudoksia.

ikäpyramidi, *age pyramid*
Kuvaaja, jolla havainnollistetaan populaation ikärakennetta esittämällä eri-ikäisten ja eri sukupuolta olevien yksilöiden suhteelliset osuudet koko populaatiosta.

ilmaputkisto, *tracheas*
Niveljalkaisilla ruumiinsisäisestä ilmankuljetuksesta huolehtiva rakenne.

ilmarako, *stomata*
Kasveilla lähinnä lehtien pinnalla sijaitseva pieni aukko, jota huulisolut reunustavat. Ilmarakojen kautta kasveista haihtuu vettä, ja niiden kautta kulkevat myös hiilidioksidi ja happi. Ilmarakoja on yleensä enemmän lehtien ala- kuin yläpinnalla.

ilmastonmuutos, *climate change*
Pitkäaikaisen säätilan muuttuminen. Nykyisin muutos tarkoittaa ilmaston lämpenemistä, joka johtuu ihmisen aiheuttamasta kasvihuonekaasujen lisääntymisestä.

ilmentyminen, *gene expression*
Ks. geenin ilmentyminen.

ilmiasu, *phenotype*
Ks. fenotyyppi.

imeytyminen, *absorption*
Aineiden tai säteilyn imeytyminen johonkin materiaaliin, esim. ravintoaineiden imeytyminen elimistön soluihin.

immigraatio, *immigration*
Tulomuutto.

immunitaetti, elimistön vastustuskyky, *immunity*
Fysiologinen puolustusjärjestelmä, jonka avulla elimistö puolustautuu mikrobeja ja vieraita aineita vastaan. Järjestelmään kuuluvat synnynnäinen eli epäspesifinen ja hankittu eli spesifinen immunitaetti.

immunoglobuliinit, *immunoglobulins*
Verineesteessä olevia vasta-aineina toimivia proteiineja.

immuunivaste, *immune response*
Valkosolujen puolustusreaktio elimistöön tunkeutuneita mikrobeja tai muuta vierasta ainetta vastaan.

imusolmukkeet, imurauhaset, *lymph nodes*
Imusuonistossa sijaitsevia pieniä pavnmuotoisia rauhasia, jotka osallistuvat elimistön puolustukseen.

imusolut, lymfosyytit, *lymphocytes*
Hankitusta ja spesifisestä immuunipuolustuksesta vastaavat solut. Jaetaan kypsymispaikkansa perusteella B- ja T-soluihin.

imusuonisto, *lymphatic system*
Imusuonien ja imusolmukkeiden muodostama elinjärjestelmä, joka palauttaa verisuonista kudoksiin tihkuneen nesteen verenkiertoon ja kuljettaa suolistosta imeytyneet rasvat verenkiertoon.

indikaattorilaji, *indicator species*
Ilmentäjälaji, sietoisuudeltaan kapea-alainen laji, jonka esiintymisen tai runsauden perusteella voidaan tehdä päätelmiä ympäristön tilasta. Esimerkiksi havupuiden runkojäkälet.

induktio, *induction*
Alkion solujen ja kudosten välinen vuorovaikutus, joka ohjaa kudosten ja elinten kehittymistä. Induktio tapahtuu erilaisten viestiaineiden välityksellä, jotka kohdesoluissa kytkävät geenejä päälle tai pois.

infarkti, *infarct*
Verenkierron häiriöstä, esim. valtimoiden tukkeutumisesta, aiheutuva kudostuho. Sydäninfarkti, aivoinfarkti.

infektio, *infection*
Taudinaiheuttajan tunkeutuminen elimistöön eli tartunta. Taudinaiheuttaja aiheuttaa isäntäeliössä tulehduksen.

inhibiittori, *inhibitor*
Aine, joka estää esim. entsyymien toiminnan.

insuliini, *insulin*
Haiman erittämä hormoni, joka alentaa veren glukoosipitoisuutta ohjaamalla glukoosin siirtymistä rasva- ja lihassoluihin sekä glukoosin varastointia glykokeeniksi.

interferonit, *interferons*
Proteiineja, joita virustartunnan saaneet solut erittävät. Estävät virusten (myös syöpäsolujen) lisääntymistä muissa soluissa.

intermediaarinen periytyminen, *incomplete dominance*
Ks. välimuotoinen periytyminen.

introni, *intron*
Tumallisilla eliöillä geenin proteiinia koodaavan alueen jakso, joka ei sisällä proteiinin rakentamisessa tarvittavaa informaatiota. Introni silmukoidaan pois esiaste-RNA:sta.

ioni, *ion*
Sähköisesti varautunut atomi tai atomiryhmä. Ioni voi olla joko positiivisesti (kationi) tai negatiivisesti (anioni) varautunut.

ionikanava, ion channel

Proteiinimolekyylien muodostama, solukalvon läpi kulkeva kanava, joka voi olla kiinni tai auki. Sen ollessa auki ionit pääsevät kulkemaan sen kautta solun sisään tai solusta ulos passiivisesti. Ionikanavat päästävät lävitseen vain tiettyjä ioneja ja eri ioneilla on omat kanavansa.

ionipumppu, ion pump

Solukalvon proteiinirakenne, joka siirtää ioneja aktiivisesti soluun ja sieltä pois. Esimerkiksi hermosolun natriumkalium-pumppu.

ionisidos, ionic bond

Positiivisesti ja negatiivisesti varautuneen ionin välinen sidos.

ionisoiva säteily, ionic radiation

Säteilyä, joka "ionisoi" sähköisesti neutraalin atomin tai molekyylin irrottamalla siitä elektronin tai antamalla sille elektronin. Vaurioittaa solurakenteita. Esimerkiksi röntgensäteily.

iso verenkierto, systemic circulation

Verenkierron osa, joka kuljettaa verta sydämen vasemmasta kammiosta aorttaan ja sieltä valtimoiden, hiussuonten ja laskimoiden kautta sydämen oikeaan eteiseen.

isoaivot, cerebrum

Aivojen suurin osa. Isoaivojen pinta on poimuttunut aivokuoreksi. Isoaivot jakautuvat oikeaan ja vasempaan puoliskoon. Aivopuoliskot jakautuvat edelleen neljään lohkoksi: otsa-, päälaki-, ohimo- ja takaraivolohkoon. Lohkot poikkeavat toisistaan toiminnallisesti.

isolaatio, isolation

Populaation eristyminen muista saman lajin populaatioista. Maantieteelliset ja muut risteytymisestä aiheuttavat isolaatiota ja estävät geenivirran. Voi johtaa uuden lajin syntyyn.

istukka, placenta

Elin, joka huolehtii aineiden kuljetuksesta äidin ja sikiön välillä. Muodostuu alkionkehityksen aikana sikiön puolelta rakko- ja suonikalvon kasvaessa yhteen ravitsemuskalvoksi ja äidin puolelta kohdun limakalvosta.

istukkahormoni,**istukagonadotropiini, HCG, human chorionic gonadotropin**

Istukan erittämä, keltarauhasta ylläpitävä hormoni raskauden alkuvaiheessa. Raskaudesta perustuu istukkahormonin mittaamiseen.

isäntä, host

Eliö, josta loinen ottaa ravintonsa tai jonka varassa pöytäviera elää. Ks. loinen, pöytävierassuhde.

itiökasvit, spore plants

Itiökasvien elämänsykliin kuuluu lisääntyminen itiöiden avulla. Itiökasveihin kuuluvat sammat ja sanikkaiset.

itiöpesäke, sporangium

Itiökasvien rakenne, jonka sisällä syntyy itiöitä.

itiöt, spores

Sienissä ja itiökasveissa syntyviä lisääntymissoluja.

itsepölytys, self-pollination

Kasvin kukan pölyttää samasta kukasta tai saman kasviyksilön toisesta kukasta peräisin oleva siitepöly.

itsesiitos, self-fertilization

Munasolujen hedelmöitys saman yksilön tuottamilla siittiöllä.

itsesäätelykyky, self regulation

Eliön tai suuremman järjestelmän kyky vastustaa ja korjata erilaisten häiriöiden vaikutuksia. Esimerkiksi liian lämmön poisto hikoilemalla tai populaatioiden kasvun säätely.

iturata, sukusolulinja, germ line

Hedelmöityneestä munasolusta seuraavan sukupolven sukusoluihin johtava solujakautumisten sarja. Iturata yhdistää peräkkäisiä sukupolvia ja siinä tapahtuvat mutaatiot voivat olla periytyviä.

J**jakautuminen, fission**

Suvuton lisääntymistapa, jossa yhdestä emoyksilöstä tulee kaksi keskenään samanlaista tytäryksilöä.

jalostus, improvement

Kasvien, eläinten ja mikrobien perinnöllisten ominaisuuksien kehittämistä erilaisin menetelmin. Hyötyeläinten tai -kasvien ominaisuuksien parantaminen esimerkiksi valinnan, risteytysten ja geeniteknikan keinoin. Jalostuksella voidaan saada aikaan paremmin tuottavia, terveempiä tai erilaisia ilmasto-oloja kestäviä lajikkeita ja rotuja.

jatkotuotanto, secondary production

Ekosysteemin sekundaarituotanto, eri kuluttajaportaisiin sitoutunut energia tai biomassa. Suure ilmaistaan tavallisesti pinta-alayksikköä kohti.

J-käyrä, J-shaped growth curve

Populaation eksponentiaalista kasvua kuvaava käyrä.

johtofossiili, index fossil

Tiettynä aikana laajalla alueella elänyt eliö, jota voidaan käyttää apuna uusien fossiililöytöjen suhteellisessa iänmäärityksessä. Esimerkiksi ammoniitti.

johtojänne, vascular bundle

Putkilokasveilla johtosolukoista muodostuva vettä ja ravinteita sekä yhteyttämistuotteita kuljettava putkimainen rakenne. Johtojänteet alkavat juurista ja johtavat varren kautta lehtiin, jossa niitä kutsutaan lehtisuoniksi. Johtojänteissä on yleensä puu-, nila- ja jälsiosa.

johtosolukko, vascular tissue

Aineiden kuljetukseen erikoistunut kasvisolukko.

juuripaine, root pressure

Kasveissa juurisolujen aktiivisen aineidenoton ja siitä seuraavan osmoottisen vedenoton aiheuttama paine. Se saa veden nousemaan kasveissa, vaikka haihtumisimu ei toimi. Ilmenee pisarointina lehdistä.

jyvässolut, granulosyytit, granulocytes

Veren valkosoluihin kuuluva solutyyppe, joihin värjättäessä tulee näkyviin jyväsien kaltaisia muotoja. Värjäytyvyytensä perusteella voidaan jakaa neutrofiileihin, eosinofiileihin ja basofiileihin.

jäkälä, lichen

Eliö, joka koostuu sienirihmastosta ja mikroskooppisesta levästä, jotka elävät toisiaan hyödyttävässä mutualistisessa suhteessa. Luetaan kuuluviksi sienten kuntaan.

jäkäläautio, lichen desert

Kaupunki- tai teollisuusalue, jossa erityisesti puiden runkojen jäkälät ovat vähentyneet tai hävinneet happamoitumisen ja ilman saasteiden takia.

jälsi, cambium

Havupuiden ja kaksisirkkaisten kasvien juuren ja varren kasvusolukko. Jäljen solut saavat jakautuessaan aikaan puiden paksuuskasvun.

jänne, tendon

Luja sidekudoksesta muodostuva rakenne, joka liittyy lihaksen luuhun tai rustoon

jätevedenpuhdistus, sewage treatment

Yleensä kolmivaiheinen jätevesien puhdistusprosessi, johon kuuluvat mekaaninen, biologinen ja kemiallinen vaihe.

K**kaari, division**

Kasvien korkein luokitteluyksikkö. Esimerkiksi siemenkasvien kaari.

kaarikäytävät, semicircular canals

Sisäkorvaan kuuluvat, ohimoluussa olevat kaarenmuotoiset käytävät, joiden aistisolujen avulla aistitaan pään liikkeitä.

kaavoittuminen, patterning

Alkionkehityksen aikana tapahtuva tapahtumasarja, joka johtaa alkion akseleiden (pää – häntä, oikea – vasen, selkä – vatsa) muodostumiseen.

kahdentuma, duplication

Kromosomimutaatio, jossa jokin kromosomin osa monistuu. Saa aikaan perimään geeniperheitä (samaa geeniä on monta kappaletta) ja toistojaksoja.

kaikkikykyinen kantasolu, totipotent stem cell

Monisoluisen eliön hedelmöitynyt munasolu (ja tästä edelleen 16-soluvaiheeseen asti), joka pystyy erilaistumaan miksi hyvänsä soluksi.

kaksikylinen, bilateral

Eliö, joka voidaan pituussuunnassa jakaa kahteen samanlaiseen osaan, oikeaan ja vasempaan. Esimerkiksi perhonen.

kaksineuvoinen (kaksisukuinen)**eliö, hermaphrodite organism**

Eläin, joka tuottaa sekä koiras- että naaraspuolisia sukusoluja tai kasvi, jossa samassa kukassa tai samassa kasvissa on sekä hede- että emikukki. Esimerkiksi laakamadot ovat kaksineuvoisia.

kalsitoniini, calcitonin

Kilpirauhasen solujen erittämä hormoni, joka säätelee elimistön kalsiumaineenvaihduntaa.

kalvopotentiaali, kalvojännite,**membrane potential**

Hermosolun solukalvon eri puolten välinen jännite-ero. Lepotilassa olevan hermosolun sisäpuolella on negatiivinen ja ulkopuolella positiivinen varaus.

kalvoproteiinit, membrane proteins

Solukalvon proteiineja, joilla on solukalvossa monia erilaisia tehtäviä, esim. aineiden kuljetus solukalvon läpi ja viestien vastaanotto.

kambriakauden räjähdys, Cambrian**explosion**

Monien uusien pääjaksojen kehittyminen ja eliökunnan lajimäärän voimakas lisääntyminen kambriakauden aikana (550 miljoonaa vuotta sitten).

kannanvaihtelu, fluctuation

Populaation tiheyden ja koon vaihtelu.

kansallispuisto, national park

Luonnonsuojelualue, joka on tarkoitettu yleiseksi luontonähtävyydeksi. Ihmiset saavat mm. liikkua, marjastaa ja sienestää alueella.

kantasolu, stem cell

Erilaistumattomia soluja, joita on alkiossa ja sikiössä sekä useissa aikuisen jo erilaistuneissa kudoksissa. Kykenee jakautumaan ja erilaistumaan uusiksi soluiksi, mutta myös uusiutumaan kantasoluna. Esimerkiksi luuytimessä veren kantasolut erilaistuvat puna- ja valkosoluiksi sekä verihiutaleiksi.

kapea-alainen, stenotopic

Eliö tai laji, jonka sietokyky joihinkin ympäristötekijöihin on vähäinen, sopii hyvin bioindikaattoriksi. Esimerkiksi isopanda.

kapillaari-ilmiö, capillary force

Nesteen pintajännityksestä johtuva nesteen nousuvoima, joka ilmenee ohuissa putkissa. Vaikuttaa osaltaan veden nousuun kasvin juuresta ylöspäin.

karotenoidit, carotenoids

Luonnossa esiintyviä keltaisia tai punaisia väriaineita. Karotenoideja ovat karoteenit, esimerkiksi porkkanan sisältämä beetakaroteeni ja ksantofyllit, joita on useissa vihreissä kasveissa. Ne vaikuttavat kasveissa kukkien ja hedelmien väriin ja suojaavat liialliselta valolta. Kemialliselta rakenteeltaan karotenoidit ovat lipidejä.

karsastus, squinting

Oikea ja vasen silmä ”katsovat ristiin”, ts. ne kohdistavat tarkan näkemisen alueen eri kohtiin näkökentässä.

karsinogeeni, carcinogen

Syöpää aiheuttava tekijä, joka voi olla esimerkiksi kemiallinen aine tai säteily.

karike, plant litter

Kuolleista kasvinosista, lehdistä, neulasista yms peräisin oleva aines metsän pohjakerroksessa.

kasvihormonit, plant hormones

Kasvissa muodostuvia aineita, jotka ohjaavat kasvin kasvua, kehitystä ja elintoimintoja.

kasviuoneilmiö, greenhouse effect

Luontainen ilmiö, jossa ilmakehässä olevat kaasut estävät osaa lämpösäteilyä karkaamasta avaruuteen. Kasviuoneilmiö on välttämätön maapallon elämälle. Ihminen lisää toimillaan kasviuonekaasujen määrää ilmakehässä. Tärkeimpiä kasviuonekaasuja ovat vesihöyry, hiilidioksidi, metaani ja CFC- yhdisteet.

kasvinsyöjä, herbivore

Eliö, joka saa ravintonsa kasveja tai niiden osia syömällä, 1. asteen kuluttaja.

kasvuhormoni, somatotropiini,**growth hormone**

Aivolisäkkeen etulohkon erittämä hormoni, joka edistää kasvua ja säätelee hiilihydraattien aineenvaihduntaa.

kasvukausi, growth period

Aika vuodesta, jolloin vuorokauden keskilämpötila on pysyvästi yli +5 astetta.

kasvusolukko, meristem

Kasvien jakautumiskykyisistä soluista muodostunut solukkotyyppi. Sitä on kasvin kasvupisteissä, kuten verson ja juuren kärjissä.

kasvutekijä, growth factor

Solujen tuottama viestiaine, joka lisää tai hillitsee solun kasvua tai erilaistumista vaikuttamalla geenien toimintaan.

katabolinen reaktio, catabolic reaction

Soluissa tapahtuva reaktio, jossa aineet hajoavat. Hajotusaineenvaihdunta.

katalyytti, catalyst

Aine, joka nopeuttaa kemiallista reaktiota.

kateenkorva, thymus

Elin, joka sijaitsee sydämen ja rintalastan välissä. T-imusolujen kypsyminenpaikka.

katekalvo, tectorial membrane

Kuuloaistisolujen päällä oleva sidekudoskalvo, jota vasten kuuloaistisolujen karvat taipuvat, kun värähtely etenee simpukan nesteessä. Seurauksena hermoimpulssin synty kuuloaistisoluisia.

katkaisuentzyymit, restriction enzymes

Entsyymejä, jotka katkaisevat DNA:n kaksoisjuosteen. Geenitekniikassa käytettävät katkaisuentzyymit katkaisevat DNA:n aina tietyn emäsjärjestyksen kohdalta.

kaukokulkeutuminen, long distance atmospheric pollution

Päästöjen kulkeutuminen satojen tai tuhansien kilometrien päähän päästölähteistä.

kaukonäköisyys, kaukotaittoisuus, longsightedness, hyperopia

Lähellä olevat kohteet nähdään epätarkkoina ja kaukana olevat tarkkoina. Virhe voidaan korjata kuperilla, ns. pluslaseilla.

kaupunkiekologia, urban ecology

Ekologian osa-alue, joka tarkastelee kaupunkiluonnon erityispiirteitä tai kaupungeissa tehtävää ekologista tutkimusta.

keidassuo, ombrotrophic raised bog

Karu, Etelä-Suomen suoyhdistymätyyppi, jonka keskiosa on laitoja korkeammalla. Keskiosa saa ravinteensa sadevedestä.

keinosiemennys, artificial insemination

Siittiöiden siirtäminen naaraan emättimeen tai kohtuun ilman parittelua.

keinotekoinen kromosomi,**tekokromosomi, artificial chromosome**

DNA:sta koostuva molekyyli, johon on liitetty isäntäsolun (esim. hiivan) kromosomeille tyypilliset setromeeri- ja telomeerikohdat. Se toimii solun jakautuessa samalla tavalla kuin normaalit kromosomit. Keinotekoisia kromosomia voidaan käyttää vektorina, johon voidaan liittää jopa useiden miljoonien emäsparien verran DNA:ta.

kelpoisuus, fitness

Yksilön kyky säilyä elossa lisääntymisikään saakka ja tuottaa lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Kelpoisuutta voidaan mitata vertaamalla yksilön jälkeläisten määrää ja niiden hedelmällisyyttä populaation muihin yksilöihin.

keltarauhanen, corpus luteum

Muodostuu munarakkula munasolun irtoamisen (ovulaation) jälkeen, erittää progesteronia.

keltatäplä, macula lutea

Silmän verkkokalvon tarkan näkemisen alue.

kemiallinen aisti, chemical sense

Aisti, jonka avulla vastaanotetaan kemiallisia ärsykeitä. Esim. haju- ja makuaiisti.

kemiallinen evoluutio, chemical evolution

Alkumaapallon tapahtuma, jossa yksinkertaisista epäorgaanisista aineista syntyi vähitellen yhä monimutkaisempia orgaanisia yhdisteitä (nukleiinihappoja ja aminohappoja).

kemiallinen puhdistus, chemical purification

Jätevesien puhdistusvaihe, jossa kemikaalien avulla saostetaan veteen biologisen puhdistuksen jälkeen jäänyttä fosforia ja typpeä.

kemosynteesi, chemosynthesis

Yhteyttäminen ilman valoa. Kemiallisten reaktioiden sarja, jolla eräät bakteerit sitovat energiaa orgaanisiin yhdisteisiinsä, energia on peräisin valon sijasta epäorgaanisten yhdisteiden hapettumisesta. Mahdollista joillekin bakteereille ja arkeille (kemoautotrofeja).

kertyminen, bioakkumulaatio,**bioconcentration**

Vedessä, ilmassa ja maaperässä esiintyvien aineiden, erityisesti raskasmetallien, kasaantuminen jonkin eliön kudoksiin. Aineiden määrä lisääntyy eliössä vähitellen, koska sen elimistö ei kykene hajottamaan niitä. Esimerkiksi simpukoiden kudoksiin kertyy runsaasti raskasmetalleja niiden suodattaessa vedestä ravintoa.

keskiaivot, midbrain

Väliaivojen ja aivosillan välissä oleva aivorungon osa.

keskikuoppa, fovea

Verkkokalvon keltatäplän keskikohta, jossa on vain tappisoluja, ja jossa muodostuu kaikkein tarkin kuva.

keskushermosto, central nervous system

Aivojen ja selkäytimen muodostama hermoston osa. Muu osa hermostoa kuuluu ääreishermostoon.

keskusjyvänen, sentrioli, centriole

Eläinsolussa oleva soluelin, joita on yleensä kaksi. Niiden välille muodostuu tuman jakautuessa sukkularihmasto.

kestävä kehitys, sustainable development

Maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuva toiminta, joka turvaa nyt elävien ihmisten tarpeiden tyydyttämisen vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuutta tyydyttää omia tarpeitaan. Sisältää ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen ulottuvuuden.

keuhko, lung

Maaeläimillä parillinen hengityselin, jossa happi ja hiilidioksidi vaihtuvat veren ja ulkoilman välillä.

keuhkorakkula, pulmonary alveolus

Keuhkoissa sijaitsevia ohutseinäisiä rakkuloita, joiden seinämien läpi siirtyy diffuusion avulla happea vereen ja hiilidioksidia verestä keuhkorakkuloihin.

keuhkotuuletus, pulmonary ventilation

Ilman siirtymistä keuhkoihin ja takaisin ulkoilmaan.

keuhkoverenkierto, pieni

verenkierto, *pulmonary circulation*
Verenkierron osa, joka kuljettaa verta sydämen oikeasta puoliskosta keuhkovaltimoiden kautta keuhkoihin, ja sieltä keuhkolaskimoiden kautta sydämen vasempaan eteiseen.

kiasma, chiasm

Kohta, jossa vastinkromosomin osat vaihtavat paikkoja keskenään (tekijäinvaihdunta eli crossing over). Kiasmoja syntyy meioosin vähennysjaon alussa.

kidukset, gills

Vesieläimillä veren ja veden välisestä kaasujenvaihdosta huolehtiva elin.

kielinysty, papillae (on the tongue)

Kielen pinnalla oleva nystymäinen rakenne, jossa makua aistivat makusilmut sijaitsevat.

kierrätys, recycling

Käyttökelpoisen materiaalin talteenotto ja käyttö uusioraaka-aineena.

kilpailu, competition

Eliöiden tai lajien välinen suhde, jossa ne hyödyntävät samoja, rajallisia resursseja. Lajinsisäinen kilpailu rajoittaa populaation tiheyttä. Lajinvälinen kilpailu saattaa johtaa heikomman kilpailijan väistymiseen alueelta tai eriytymiseen esim. ravinnon hankinnassa (ekolokerossa).

kilpirauhanen, thyroid gland

Kaulassa kurkunpään kohdalla sijaitseva litteä umpirauhanen, jonka erittämät hormonit säätelevät aineenvaihduntaa.

kimmosäikeet, elastic fibres

Ihon verinahassa risteileviä joustavia proteiinisäikeitä, jotka antavat tukea ja lisäävät ihon kimmoisuutta.

kitiini, chitin

Kova orgaaninen yhdiste, jota on useiden eliöiden (mm. sienet) soluseinissä ja niveljalkaisten tukirakenteissa.

kiveksen tukisolut, Sertolin solut, Sertoli cells

Kiveksen siementiehyiden solut, jotka tukevat ja ravitsevat muodostuvia siittiöitä.

kiveksen välisolut, Leydig cell

Siementiehyiden välissä olevat solut, jotka erittävät testosteronia.

kives, testis

Miehen parillinen, siittiösoluja tuottava sukupuolirauhanen.

kivettymä, petrified fossil

Fossiili, jossa eliön sisältämät orgaaniset aineet ovat korvautuneet epäorgaanisilla mineraaleilla.

kliimaksi, climax

Ekologisen sukkession loppuvaihe, jossa eliöyhteisö ei enää juurikaan muutu.

kloonaus, kloonaaminen, cloning

1. Perimältään samanlaisten yksilöiden tuottaminen. 2. Geenien kloonaaminen tarkoittaa geenin eristämistä ja monistamista esim. tutkimustarkoituksia varten.

klooni, clone

Samasta yksilöstä suvuttoman lisääntymisen avulla syntyneiden, perinnöllisesti samanlaisten jälkeläisten joukko.

klorofylli, chlorophyll

Ks. lehtivihreä.

kloroplasti, chloroplast

Ks. viherhiukkanen.

koeputkihedelmoitys, in vitro fertilization

Elimistön ulkopuolella keinotekoisesti suoritettava hedelmoitys.

koetin, probe

Lyhyehkö merkkiaineella varustettu DNA- tai RNA-jakso, jonka avulla voidaan löytää tietty emäsjärjestys perimästä. Koetin tarttuu emäspariperiaatteen mukaan kohtiin, joissa on vastaava emäsjärjestys. Vrt. emäspariperiaate, hybridisaatio.

koevoluutio

Ks. rinnakkaisevoluutio.

kofaktori, cofactor

Entsyymin liittyvä epäorgaaninen osa (usein metalli-ioni), joka on välttämätön entsyymin aktiivisuudelle.

kohtu, uterus, womb

Nisäkkäillä sikiön kehityksympäristö. Kohdun seinämässä kiinni oleva istukka huolehtii aineiden kuljetuksesta naaraan ja sikiön välillä.

kolesteroli, cholesterol

Rasva-aineisiin eli lipideihin kuuluva steroidi, jota on eläinsolujen kalvorakenteissa ja eritteissä, esim. maidossa ja sapessa. Kolesterolia valmistuu maksassa.

kolkisiini, colchicine

Myrkkyliljasta eristetty myrkky, joka estää kasveilla tumasukkulan muodostumisen mitoosissa. Kasvin kromosomisto saadaan kaksinkertaistumaan, jolloin kasvista tulee polyploidinen.

kollageeni, collagen

Side- ja tukikudoksien väliaineessa runsaana esiintyvä tukiproteiini.

kommensalisismi, commensalism

Ks. pöytävierassuhde.

komplementaarinen DNA, complementary DNA

Ks. vastin-DNA.

konjugaatio, conjugation

Yksi bakteerien kolmesta rekombinaatiotavasta. Luovuttajabakteerin sisältämää DNA:ta siirtyy vastaanottajabakteeriin erityistä pilusta pitkin. Ennen DNA:n siirtymistä on luovuttajabakteerin DNA kahdentunut.

koodaava alue, coding region

Se osa geeniä, joka luetaan esiaste-RNA:ksi.

koodaava juoste, coding strand

DNA:n juosteista se, joka vastaa esiaste-RNA:n emäsjärjestystä. Erona niiden välillä on kuitenkin se, että DNA:ssa esiintyvän tyminiin paikalla on esiaste-RNA:ssa urasiili.

koppisiemeniset, angiosperms

Siemenkasveja, joissa siemenaiheet ovat sikiäimen sisällä.

koronavirus, coronavirus

Nuhakuumetta aiheuttavia viruksia, ryhmänimi.

kortisoli, cortisol

Lisämunaisten kuorikerroksen erittämä glukokortikodeihin kuuluva steroidihormoni, joka nostaa veren glukoosipitoisuutta lisäämällä glykokeenin pilkkoutumista maksassa. Nostaa elimistön suorituskykyä.

korvakäytävä, *auditory canal*
Ulkokorvaan kuuluva käytävä, jota pitkin ympäristöstä tulevat, korvalehden keräämät ääniaallot saapuvat tärykalvolle.

korvatorvi, *eustachian tube*
Välikorvaa ja nenänielua yhdistävä tiehyt, jonka avulla välikorvan ja ulkoilman ilmanpaineet tasoittuvat.

kosteikko, *wetland*
Alava alue, jota luonnehtii yleensä tiheä kasvillisuus ja runsas eläimistö. Veden peittämä ainakin jonkin aikaa vuodesta. Esimerkiksi suo, mangrovemetsä.

kovakalvo, *sclera*
Silmää suojaava uloin kalvo, joka silmän etuosassa jatkuu sarveiskalvona.

kovalenttinen sidos, *covalent bond*
Kahden atomin välinen sidos, jossa atomit jakavat keskenään elektroneja. Kovalenttisella sidoksella toisiinsa liittyvät atomit muodostavat molekyyliä.

kriittinen kuormitus, *critical load*
Suurin mahdollinen luontoon kohdistuva kuormitus, jossa luonnolle ei aiheudu vaurioita.

kromatiini, *chromatin*
Välivaiheen aikana tuman täyttävä rihmamainen perintöaines. Muodostuu DNA:sta ja proteiineista.

kromosomi, *chromosome*
Tumallisilla eliöillä tumassa sijaitseva DNA:sta ja proteiineista muodostuva kappale, jossa geenit sijaitsevat. Kromosomien määrä on lajityypillinen. Solun jakautessa kromosomirihma pakkautuu kappaleeksi, jonka voi nähdä mikroskoopilla.

kromosomimutaatio, *chromosome mutation*
Mutaatio, jossa kromosomin rakenne muuttuu (häviämä, siirtymä, kääntymä, kahdentuma, monistuma), eli perintöaineksen määrä tai järjestys muuttuu kromosomissa.

kudos, *tissue*
Monisoluiden eläinten samankaltaisten solujen muodostama toiminnallinen kokonaisuus, esimerkiksi lihaskudos. Kasveilla vastaava rakenne on solukko.

kudoshormoni, *tissue hormone*
Yksittäisten solujen ja soluryhmien erittämä paikallisesti vaikuttava viestiaine.

kudosneste, *tissue fluid*
Eläinsolujen välissä oleva neste, jonka välityksellä veren kaasut, ravintoaineet ja muut aineet siirtyvät verestä soluihin ja päinvastoin.

kuivalaskeuma, *dry deposition*
Ilmaan päätyneet rikin ja typen oksidit tulevat maahan sellaisenaan painovoiman vaikutuksesta.

kukka, *flower*
Siemenkasvien lisääntymiselin, jonka heteissä syntyy siitepölyhiukkasia (vastaavat siittäsoluja) ja emeissä munasoluja.

kuljettajaproteiini, *kantaja-aine*, *carrier protein*
1. Solukalvon proteiineja, jotka kuljettavat suurikokoisia molekyyliä solukalvon läpi soluun 2. Veriplasman proteiineja, joiden mukana veressä kulkee rasva-aineita ja hormoneja.

kulttuurievolutio, *cultural evolution*
Yksilöiden käyttäytymisen muuttumista, joka on seurausta yksilöltä toiselle tapahtuvasta oppimisesta. Siirtää informaatiota myös sukupolvelta toiselle.

kulttuuriympäristö, *cultural environment*
Ihmisen muokkaama elinympäristö (kulttuuribiotooppi), kuten kaupunki tai maaseudun viljelymaisema.

kuluttaja, *consumer*
Ekosysteemeissä muita eliöitä ravintonaan käyttävä eliö. Ravintoketjujen 1. porrasta (tuottajia) lukuun ottamatta kaikki muut portaat edustavat kuluttajia.

kunta, *kingdom*
Eliöiden luokittelun ylin taso. Eliöt jaetaan kuuteen kuntaan.

kuolevuus, *mortality rate, death rate*
Kuolleiden yksilöiden määrä suhteutettuna populaation kokoon aikayksikössä. Luku ilmaistaan ihmispopulaatioissa usein kuolleina tuhatta kohti eli promilleina.

kuori, *kapsidi*, *capsid*
Virusen proteiinikuori, joka suojaa sisällä olevaa perintöainesta. Eri virustyypeillä proteiinikuoren muoto on erilainen.

kuukautiskierto, *menstrual cycle*
Munasolun kypsymiseen liittyvä toimintakierto naisen sukupuolielimistössä.

kuuloluut (vasara, alasin, jalustin), *auditory ossicles (malleus, incus, stapes)*
Kolme välikorvassa sijaitsevaa pientä luuta, jotka välittävät mekaanisen värähtelyn tärykalvolta sisäkorvan eteisikkunaan.

kvartaarirakenne, *quaternary structure*
Proteiinien rakennetaso, jossa proteiini on toimiva vasta, kun useita sykkäroityneitä aminohappoketjuja on toisiinsa liittyneinä. Esimerkiksi hemoglobiini.

K-vitamiini, *vitamin K*
Rasvaliukoinen vitamiini, jota tarvitaan kalsiumin aineenvaihduntaan veren hyytymisessä. Syntyy ihmisellä suolistossa mikrobitoiminnan tuloksena.

kylmänhorros, *cold dormancy, chill coma*
Vaihtolämpöisten eläinten talvehtimistapa, jossa elintoiminnot hidastuvat voimakkaasti. Elimistön lämpötila voi laskea jopa 0 °C:n alapuolelle. (vrt. talvihorros)

kystinen fibroosi, *cystic fibrosis*
Resessiivisesti periytyvä sairaus, jossa geenivirhe aiheuttaa mm. keuhkoihin paksua limaa ja altistaa infektioille.

kytkentä, *linkage*
Useiden geenien periytyminen yhdessä, jos ne sijaitsevat samassa kromosomissa. Kytkentä voi purkautua tekijäinvaihdunnassa.

kädelliset, *Primates*
Nisäkäslahko, johon kuuluvat mm. puoliapinat, apinat ja ihminen.

käpyrauhanen, *epiphysis, pineal gland*
Väliaivojen katosta muodostuva rauhanen, joka erittää vereen melatoniinihormonia. Eritys lisääntyy pimeässä ja vähenee valossa.

käyminen, *fermentation*
Soluissa anaerobisesti tapahtuva reaktio, jossa orgaanisten aineiden sidosenergiaa vapautuu ATP-molekyylien sidosenergiaksi ja siten solun käyttöön. Reaktiossa syntyy lisäksi hiilidioksidia, vettä ja maitohappoa tai alkoholia. Ks. maitohappokäyminen ja alkoholikäyminen.

käyttäytyminen, *behavior*
Eliöiden mitattavissa olevat reaktiot ympäristöönsä.

käänteiskopioijaentsyymi, *reverse transcriptase*
Retro-RNA-virusten entsyymi, jonka avulla yksijuosteinen lähetti-RNA saadaan käännettyä kaksijuosteiseksi vastin-DNA:ksi (komplementaariseksi eli cDNA:ksi). Käytetään bioteknologiassa esimerkiksi silloin, kun halutaan siirtää tumallisen eliön geeni bakteeriin. Ks. komplementaarinen DNA.

käänteiskopiointi, *reverse transcription*
Menetelmä, jonka avulla lähetti-RNA:sta kopioidaan vastin-DNA:ta.

kääntymä, *inversion*
Kromosomimutaatio, jossa jokin kromosomin osa on kääntynyt 180 astetta. Geenien uusi sijainti voi aiheuttaa muutoksia yksilön fenotyyppiin.

L

laaja-alainen, *eurytopic*
Eliö tai laji, joka selviää hyvin ympäristössään, vaikka ympäristötekijät vaihtelevat voimakkaastikin. Esimerkiksi rotta.

lahko, *order*
Eliöiden luokitteluyksikkö, joka on heimon ja luokan välissä.

lahoaminen, *decay*
Tapahtumasarja, jossa bakteerit ja sienet hajottavat esim. kuollutta puuta aerobisesti.

laidunnus, *grazing*
Ravinnonotto tapa, jossa kuluttaja käyttää vain osan ravintoeliöstä hyödykseen.

laji, *species*
Eliöiden luokittelun perusyksikkö. Samaan lajiin kuuluvat yksilöt voivat lisääntyä keskenään ja niiden jälkeläiset ovat lisääntymiskykyisiä. Samaan lajiin kuuluu yleensä useita populaatioita.

lajienvälinen kilpailu, *interspecific competition*
Kahden tai useamman lajin välinen suhde, jossa ne hyödyntävät samoja, rajallisia resursseja. Ks. kilpailu.

lajike, *cultivar, variety*
Kasvilajin sisäinen yksilöjoukko, jonka yksilöt poikkeavat tiettyjen ominaisuuksien suhteen muista lajin yksilöistä. Saman lajin eri lajikkeet kykenevät risteytymään keskenään. Lajikkeet syntyvät jalostuksen tuloksena.

lajimonimuotoisuus eli lajidiversiteetti, *diversity of species*
Eri lajien lukumäärä ja niiden runsaussuhteet tietyllä alueella.

lajinsisäinen kilpailu, *intraspecific competition*
Saman lajin yksilöiden välinen kilpailu samoista resursseista. Populaatioissa ilmenevän muuntelun vuoksi osa yksilöistä saa resursseja riittävästi ja osa jää ilman. Tämä säätelee mm. populaation tiheyden kasvua. Ks. kilpailu.

lajinsisäinen monimuotoisuus, *intraspecific diversity*
Samaan lajiin kuuluvien populaatioiden ja yksilöiden väliset erot. Ne johtuvat pääasiassa yksilöiden ominaisuuksiin vaikuttavista perintötekijöistä eli geneettisestä monimuotoisuudesta. Lisää lajin ja sen populaatioiden selviytymiskykyä ympäristömuutoksissa ja mahdollistaa pitkällä aikavälillä lajinkehityksen ja uusien lajien synnyn.

lajiutumisen, *speciation*
Uuden lajin kehittyminen evoluutiossa.

laktaasi, *lactase*
Maitosokeria eli laktoosia pilkkova ohutsuolen erittämä entsyymi.

laktoosi-intoleranssi, *lactose intolerance*
Laktaasientsyymin puutteesta aiheutuva ominaisuus. Maitosokeri ei pilkkoudu eikä imeydy suolessa kunnolla enää lapsuusiän jälkeen. Ilmenee vatskipuina ja turvotuksena maitotuotteiden nauttimisen jälkeen.

lasiainen, *vitreous humor*
Silmää täyttävä hyytelöaine linssin ja verkkokalvon välissä.

laskeuma, *deposition*
Jollekin alueelle ilmakehän kautta tuleva ympäristöä pilaava aine, esimerkiksi hapan sade (märkälaskeuma), noki (kuivalaskeuma)

laskimo, *vein*
Sydämeen päin verta kuljettava verisuoni.

lasko, *sedimentation rate*
"Senkka", koeputkessa tarkasteltava punasolujen vajoamismatka millimetreissä tunnin aikana. Suuri laskoarvo voi olla merkki tulehduksista tai syövästä.

LDL-lipoproteiini, *low density lipoprotein*
Lipoproteiini, jonka tehtävänä on kuljettaa kolesterolia maksasta kudoksiin. Jos sitä on veressä paljon, sitä tarttuu verisuonten seinämiin, jolloin verisuonet kovettuvat.

lehtivihreä, klorofylli, *chlorophyll*
Rengasmainen molekyyli, jonka runkona on pyrrolirengas ja keskusatomina magnesium. Lehtivihreällä tarkoitetaan kasvien, levien ja syanobakteereiden vihreitä yhteyttämisväriaineita, joita ovat muun muassa a- ja b-klorofylli sekä bakteeriklorofylli.

lepoitiö, *resting spore*
Paksuseinäinen itiö, joka kestää epäsuotuisia olosuhteita kuten kylmyyttä. Esiintyy mm. bakteereilla.

lepojännite, lepopotentiaali, *resting potential*
Solukalvon (esim. hermosolu) sisä- ja ulkopuolen välillä vallitseva normaali sähköinen jännite-ero. Kalvon sisäpuoli on yleensä ulkopuoleen verrattuna negatiivisesti varautunut.

letaali alleeli, *lethal allele*
Alleeli, joka esiintyessään kahtena kappaleena aiheuttaa jälkeläisen kuoleman jo ennen tämän syntymää tai viimeistään ennen lisääntymiskäyttä.

leukemia, *leukemia*
Monimuotoinen syöpätauti, jossa valkosolut ja niiden esiasteet lisääntyvät muiden verisolujen kustannuksella.

levät, *algae*
Yhteyttämiskykyisiä eliöitä, jotka kuuluvat alkueliöihin, esimerkiksi viherlevät.

leväkukinta, *algal bloom*
Joidenkin levien tai syanobakteerien poikkeuksellisen voimakas lisääntyminen vesissä.

LH, *luteinizing hormone*
Ks. lutropiini.

lihas, *muscle*
Lihaskudoksesta, verisuonista, sidekudoksesta ja hermoista muodostunut supistumiskykyinen elin. Lihakset jaetaan kolmeen ryhmään.

lihaskudos, muscle tissue

Eläinten kudostyyppi, osallistuu liikkeiden syntymiseen. Tätä supistumiskykyistä soluista muodostuvaa kudosta on kolmea tyyppiä: poikkijuovaiset ja sileät lihakset sekä sydänlihas.

lihassäikeet, myofibrils

Lihassolun sisällä olevat proteiinisäikeet, joita ovat aktiini ja myosiini.

liikehermo, motor nerve

Keskushermostosta lihaksiin impulsseja vievä hermo. Keskushermosto ohjaa liikehermojen avulla tahdonalaisten lihasten toimintaa.

liittäjäentsyymi, ligase

Geenitekniikan työkaluna käytettävä entsyymi, joka liittää DNA-juosteiden vapaat päät toisiinsa.

likinäköisyys, likitaitoisuus, short-sightedness, myopia

Kaukana olevat kohteet nähdään epätarkkoina ja lähellä olevat tarkkoina. Virhe voidaan korjata koverilla, ns. miinuslaseilla.

limakalvo, mucous membrane

Hengitysteiden, virtsateiden ja ruuansulatuskanavan onteloiden ja tiehyiden sisäpintaa peittävä kalvo, joka muodostuu epiteelikudos-, sidekudos- ja lihaskudoskerroksesta.

limasienet, slime moulds

Alkueliöihin kuuluvia toisenvaraisia eliöitä.

limbinen järjestelmä, limbic system

Etuaivojen evolutiivisesti vanhasta aivokuoresta (mm. hippokampus ja mantelitumake) ja väliaivojen eräistä osista muodostunut keskushermoston osa, joka säätelee tunnetiloja ja niihin liittyviä autonomisen hermoston toimintoja.

lipidit, lipids

Rasva-aineita, jotka liukenevat hyvin orgaanisiin liuottimiin, mutta eivät veteen. Solujen lipidejä ovat mm. steroidit, triglyseridit ja fosfolipidit.

lipoproteiini, lipoprotein

Lipidin (rasva-aineen) ja proteiinin muodostama yhteenliittymä. Kuljettaa lipidejä veressä, esim HDL ja LDL kuljettavat kolesterolia.

liposomi, liposome

Fosfolipidikalvosta koostuva rakkula, jonka sisään voidaan pakata DNA:ta ja siirtää solukalvon läpi eläin- tai kasvisoluun.

lisäkilpirauhanen, parathyroid gland

Kilpirauhasen takapinnalla sijaitsevat umpirauhaset, jotka erittävät parathormonia.

lisäkives, epididymis

Miehen sukuelimiin kuuluva osa, jonka läpi kulkiessaan siittiöt kypsyvät vähitellen hedelmöityskykyisiksi.

lisämunuaiset, adrenal gland

Umpirauhaset, jotka sijaitsevat munuaisten yläpuolella. Ne ovat muodostuneet kahdesta erillisestä umpirauhasesta, jotka ovat steroidihormoneja erittävä lisämunuaiskuori sekä adrenaliinia ja noradrenaliinia erittävä lisämunuaissydin.

lisäntymisstrategia, reproductive strategy

Kullekin lajille tyypillinen lisääntymistapa, joka takaa mahdollisimman monen jälkeläisen säilymisen elossa lisääntymisikään saakka.

logistinen kasvu, logistic growth

Populaation rajallinen kasvu, jossa kasvua rajoittaa kantokyvystä riippuva ympäristön vastus.

loinen, parasite

Eliö, joka ottaa isäntäeliöstä (host) ravintoa tappamatta tätä.

lokus, locus

Geenin tarkka paikka kromosomissa. Saman lokuksen geenit ovat keskenään alleeleja eli vastingenejä.

lopetuskolmikko, lopetuskodoni, terminator codon

Lähetti-RNA:ssa oleva kolmen emäksen ryhmä, johon proteiinisynteesi päättyy. UGA-, UAG-, UAA-kolmikot (lopetustripletit)

luokka, class

Eliöiden luokitteluyksikkö, johon kuuluu yksi tai useampia lajikoja. Luokan yläpuolella on eläimillä pääjakso ja kasveilla kaari.

luomuviljely, luomutuotanto, organic farming

Viljelytapa, jossa pyritään ravinteiden tehokkaaseen kierrätykseen ja jäljitellään luonnonekosysteemien toimintaa. Ei käytetä keinolannoitteita eikä kemiallisia torjunta-aineita.

luonnonsuojelu, scientific reserve

Luonnonsuojelualue, joka on varattu tutkimustarkoituksiin. Yleisön liikkuminen on kiellettyä tai ainakin tarkkaan säädeltyä.

luonnonsuojelu, nature conservation

Eliöiden, ekosysteemien ja luonnonvarojen suojelua ja hoitoa. Käsitteenä suppeampi kuin ympäristönsuojelu, joka on ihmiskeskeisempi.

luonnonvalinta, natural selection

Evoluutioteorian keskeinen periaate, minkä mukaan kelpoisimmat yksilöt tuottavat eniten lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Luonnonvalinnan seurauksena parhaiten eliöiden sopeutumista lisäävät alleelit alkavat yleistyä populaatiossa.

lutropiini, LH, luteinizing hormone

Aivolisäkkeen erittämä hormoni, joka aiheuttaa naisella ovulaation ja munarakkulan kehittymisen keltarauhaseksi, miehellä testosteronin muodostumisen.

luukato, osteoporoosi, osteoporosis

Luuaineksen vähentyminen, jota ilmenee erityisesti naisilla vaihdevuosisen jälkeen.

luukudos, bone, bone tissue

Luusoluista sekä kovasta ja kestävästä väliaineesta muodostunutta tukikudosta.

lysosomi, lysosome

Kalvon ympäröimä soluelin, joka on sisältää monia ravintoaineita ja solun omia rakenteita hajottavia entsyymeitä. Lysosomi on sisältä solulimaa selvästi happamampi. Eläin- ja sienisoluissa.

lähetti-RNA, I-RNA messenger RNA, mRNA

RNA-molekyyli, joka kuljettaa geenin sisältämän geneettisen informaation ribosomille proteiinisynteesin malliksi. Lähetti-RNA syntyy esiaste-RNA:sta sen jälkeen kun tästä on silmukoitu intronit pois.

lämmönsäätely, *thermoregulation*
Aivojen hypotalamuksen, autonomisen hermoston ja hormonien ohjaama mekanismi, jonka avulla elimistön lämpötila ylläpidetään noin 36–38 °C:ssa.

lämpöjaksoisuus, *thermoperiodism*
Kasvien reaktio sykliisiin (säännöllisesti toistuviin) lämpötilan muutoksiin.

lämpökerrostuneisuus, *thermal stratification*
Järvisä ja merissä havaittava ilmiö. Veden kerrostuminen niin, että kevyin vesi on pinnassa ja raskain (+ 4 asteinen) pohjimmaisena.

lääkeproteiinit, *medical proteins*
Siirtogeenisten eliöiden tuottamia proteiineja, joita käytetään lääketieteellisiin tarkoituksiin. Esimerkiksi siirtogeenisten vuohien tuottama antitrombiini.

M

maahengitys, *soil respiration*
Hajottajien ja muiden maassa elävien eliöiden hengitysaineenvaihdunta (soluhengitys), joka vapauttaa hiilidioksidia maaperästä ilmaan.

maailmankaudet, *eras*
Maapallon geologinen ikä jaetaan maailmankausiin: prekambriin (elämän alkuaika), paleotsooinen (elämän vanha-aika), mesotsooinen (elämän keskiaika) ja kenotsooinen (elämän uusiaika).

maannos, *soil*
Kasvipeitteen, hajottajien ja ilmaston aikaansaama maaperän pintakerroksen rakenne. Esimerkiksi pohjoisessa havumetsävyöhykkeessä muodostuu podsolimaannos.

maatiaislajike, *native cultivar*
Viljelykasvin jalostamaton muoto tai kotimaisten kantojen pohjalta jalostettu kasvilajike.

maatiaisrotu, *native race*
Kotieläimen jalostamaton muoto tai kotimaisten kantojen pohjalta jalostettu eläinrotu.

maha, *stomach*
Ruokatorven ja ohutsuolen välissä oleva pussimainen ruuansulatuskanavan laajentuma.

maitohappobakteerit, *lactic acid bacteria*
Maitohappoa aineenvaihdunnassaan muodostavia grampositiivisia bakteereita. Tärkeitä hapatteiden (maitohappotuotteiden) valmistuksessa. Niitä elää myös iholla ja suolistossa.

maitohappokäyminen, *lactic acid fermentation*
Anaerobinen reaktio, jossa glukoosista syntyy maitohappoa ja hiilidioksidia sekä vapautuu vähäinen määrä energiaa.

makroevoluutio, *macroevolution*
Evoluutio, joka johtaa uusien lajien syntyyn. Makroevoluutio perustuu samoihin mekanismeihin kuin mikroevoluutio, mutta siinä populaatio jakautuu osapopulaatioiksi, joihin kohdistuu ympäristöeroista johtuen erilaiset valintapaineet. Osapopulaatioista muodostuu aikojen kuluessa uusia lajeja. Perustuu populaatioiden perinnölliseen erilaistumiseen ja populaatioiden välisiin risteytymisestisiin.

makrofagi, *macrophage*
Monosyyteistä kasvava ja kehittyvä suuri syöjäsolu, joka pystyy liikkumaan aktiivisesti valejalkojensa avulla ja tunkeutumaan kudoksiin. Makrofagit kykenevät syömään suuria määriä elimistöön tunkeutuneita mikrobeja ja elimistön omien solujen jätteitä.

maksa, *liver*
Aineenvaihduntaan monipuolisesti osallistuva elin, joka on tärkeä elimistön homeostasian ylläpidossa. Se valmistaa, hajottaa ja varastoi aineita sekä säätelee niiden pitoisuuksia veressä.

makusiilu, *taste bud*
Kielinystyissä ja suun limakalvossa olevia solurykelmiä, joissa makua aistivat solut sijaitsevat.

malaria, *malaria*
Hyttyslevitteinen kuumesairaus, jonka aiheuttaa malarialoisio-niminen alkueläin. Loiset lisääntyvät punasoluissa. Oireita ovat ajoittainen korkea kuume, anemia ja pernän suureneminen.

mallieliöt, *model organisms*
Eliölajeja, joihin keskitetään solu- ja molekyylibiologian tutkimusta. Tuloksia voidaan yleistää moniin muihin lajeihin. Yleisimmin käytetty selkärangainen mallieläin on hiiri. Kasvikunnan mallieliö on lituruoho. Bakteereista eniten on tutkittu kolibakteeria.

mallijuoste, *template strand, DNA strand*
DNA:n juosteista se, jonka emäsjärjestys toimii RNA-synteesin mallina transkriptiossa. RNA-polymeraasi lukee mallijuostetta emäsmäkseltä ja rakentaa esiaste-RNA:ta emäspariperiaatteen mukaisesti.

marraskesi, *sarveiskerros*, *horny layer, stratum corneum*
Ihon orvaskeden uloin, kuolleista, sarveistuneista soluista koostuva kerros.

megaevoluutio, *megaevolution*
Suurten taksonomisten ryhmien kuten sukujen, heimojen, lajien, luokkien ja pääjaksojen kehittyminen.

meioosi, *meiosis*
Solun jakautumistapahtuma, jonka lopputuloksena syntyy sukusoluja. Siihen kuuluu kaksi tuman jakautumista: vähennysjako ja tasausjako. Meioosin aikana: 1. Kaksinkertainen kromosomiluku puolittuu ja 2. perintöaines järjestyy uudelleen. Meioosissa kromosomiluku puolittuu diploidisesta (2n) haploidiseksi (n).

mekaaninen aisti, *mechanical sense*
Aisti, jonka avulla vastaan otetaan mekaanisia ärsykeitä. Esim. tunto- ja kuuloaisti.

melaniini, *melanin*
Ihossa, hiuksissa ja silmän värikalvossa oleva tumma väriaine. Melaniini suoja mm. liialta auringon UV-säteilyltä.

melanosyytti, *melanocyte*
Ihon orvaskeden solu, joka muodostaa melaniinia.

melatoniini, *pimeähormoni*, *melatonin*
Hormoni, jota käpylisäke tuottaa pimeässä vereen. Melatoniini säätelee viretilaa, unirytmää ja muita biologisia rytmejä.

mendelistinen rekombinaatio, **kromosomien välinen rekombinaatio**, *Mendelian recombination*
Vastinkromosomit jakautuvat sattumanvaraisesti eri sukusoluihin meioosissa. Tämän seurauksena eri kromosomeissa sijaitsevien geenien alleeleista tulee sukusoluihin sattumanvaraisesti kaikkia mahdollisia yhdistelmiä.

menopausi, menopause

Kuukautisten loppuminen, joka tapahtuu vaihdevuosi-ikässä.

merkkigeeni, marker gene

Geeni, jonka avulla voidaan paikantaa tai tunnistaa siirretty geeni.

metaani, methane

Tärkeä kasvihuonekaasu, jota syntyy mm. arkkien (metanogeenien) aineenvaihdunnassa hapettomissa oloissa, soissa, märehtijöiden suolistossa, riisipelloissa ja valtamerten pohjasedimenteissä.

metapopulaatio, metapopulation

Lajin paikallisten populaatioiden muodostama kokonaisuus. Paikallispopulaatioiden välillä tapahtuu muuttoliikettä ja siten geenien vaihtoa. Paikallispopulaatiot voivat aika ajoin kuolla pois, mutta niiden elinympäristöt voidaan asuttaa uudelleen.

metioniini, methionine

Useimpien proteiinien ensimmäinen aminohappo, jota koodittava lähetti-RNA:n kolmikko (AUG) toimii proteiinisynteesin aloitusmerkkinä.

metsänraja, timberline

Raja-alue, jossa yhtenäinen metsäalue loppuu napaalueilla ja vuoristossa.

metsätyyppi, forest type

Suomessa käytetty metsien luokitteluyksikkö. Perustuu kenttä- ja pohjakerroksen kasvilajistoon ja maaperän puuntuottookykyyn.

metyylielohopea, methyl mercury

Ravintoketjuissa rikastuva ympäristömyrkky, jota bakteeritoiminta tuottaa vesien epäorgaanisesta elohopeasta.

migraatio, migration

Muuttoliike, jossa jonkin lajin yksilöt siirtyvät populaatiosta toiseen tai alueelta toiselle. Esimerkiksi lintujen muutto.

mikrobi, mikro-organismi, microbe

Pieneliö, jonka näkemiseen tarvitaan mikroskooppi. Mikrobeihin kuuluvat bakteerit, arkit, alkueläimet, yksisoluiset levät, homeet ja hiivat sekä virukset, joita ei kuitenkaan lueta eliöiksi.

mikrobiologia, microbiology

Biologian osa-alue, jonka tutkimuskohteena ovat mikrobit.

mikroevoluutio, microevolution

Populaation sisäinen evoluutio, joka on seurausta mutaatioista, geneettisestä rekombinaatiosta ja luonnonvalinnasta. Mikroevoluution tuloksena populaation alleelikostumus muuttuu.

mikroinjektio, microinjection

Geeniinsiirtomenetelmä, jossa vieras geeni siirretään isäntäsolun tumaan ohuen lasiputken ja mikroskoopin avulla.

mikrometri (µm), micrometer

Metrin miljoonasosa (10⁻⁶).

minimitekijä, minimum factor, limiting factor

Niukkuustekijä, ympäristötekijä, joka ensimmäisenä rajoittaa eliön esiintymistä.

MIPS, material input per service unit

Ekotehokkuuden mittari. Saadaan jakamalla tuotteeseen ja sen valmistukseen kuluva materiaalianpanos käyttökertojen määrällä.

mitokondrio, mitochondrion

Kahdesta kalvostosta muodostunut soluelin, jossa soluhengitys tapahtuu. Mitokondriossa on omaa DNA:ta, jossa on osa sen toimintaan vaikuttavista geeneistä sekä ribosomeja.

mitokondrio-DNA, mtDNA

Mitokondrioissa olevaa DNA:ta, joka periytyy äidiltä lapsille. MtDNA:ssa tapahtuu vakionopeudella mutaatioita, jotka periytyvät seuraavalle sukupolvelle. Muodostuneiden äitilinjien avulla voidaan selvittää esim. eri väestöryhmien liikkeitä.

mitoosi, mitosis

Tuman jakautuminen. Mitoosin tuloksena syntyy kaksi keskenään ja emotuman kanssa perimältään samanlaista tumaa. Mitoosin vaiheet ovat esi-, keski-, jälki- ja loppuvaihe. Mitoosin jälkeen tapahtuu tavallisesti soluliman jakautuminen. Solujen kromosomiluku pysyy mitoosin tuloksena ennallaan.

modifikaatio, modification

Ympäristötekijöiden yksilön ilmiäsuun aikaansaama muutos.

molekyyli, molecule

Aineen rakenneyksikkö, joka on muodostunut atomien liittyessä toisiinsa kovalenttisella sidoksella, esimerkiksi happimolekyyli (O₂) ja vesimolekyyli (H₂O).

molekyylibiologia, molecular biology

Biologian osa-alue, jossa tutkitaan solujen rakennetta ja toimintaa molekyylitasolla.

molekyylikello, molecular clock

Makromolekyylien, kuten DNA:n, väliset erot eri eliöiden kehityslinjoissa kertovat, milloin ne ovat eriytyneet toisistaan. Tämä perustuu siihen, että DNA:ssa tapahtuu mutaatioita vakionopeudella.

monikykyinen kantasolu, multipotent stem cell

Kantasolu, joka voi erilaistua erilaisiksi soluiksi esim. verisolujen kantasolut voivat erilaistua erilaisiksi veren soluiksi.

monimuotoisuus, biodiversity, biodiversity

Elollisen luonnon monimuotoisuus, joka tarkoittaa ekosysteemien monimuotoisuutta, eliöyhteisöjen monimuotoisuutta eli lajimonimuotoisuutta sekä lajin sisäistä perinnöllistä muuntelua.

monimuotoisuuskeskus, diversity hot spot

Alue, jolla elää poikkeuksellisen monimuotoinen eliölajisto, esim. Uusi-Seelanti.

monitekijäinen periytyminen, multifaktoriaalinen periytyminen, multifactorial inheritance

Periytyminen, missä ominaisuuteen vaikuttavat monet geenit yhdessä ympäristötekijöiden kanssa. Esimerkiksi tyypin 2 diabetes.

monohybridi, monohybrid

Yksilö, joka on heterotsygoottinen yhden alleeliparin suhteen.

monoklonaalinen vasta-aine, monoclonal antibody

Vasta-aine, joka tunnistaa tarkasti yhden antigeenin osan. Tuotetaan soluviljelmissä.

monokulttuuri, monoculture

Yhden kasvilajin tai lajikkeen laaja viljelmä tai yhden istutetun puulajin samanikäisten puiden muodostama metsä.

monosakkaridi, monosaccharide

Yksinkertainen sokeri. Monosakkarideissa on vain yksi sokeriyksikkö, jossa voi olla 3–6 hiiliatomia, esim. glukoosi ja fruktoosi. Ks. hiilihydraatit.

monosomia, monosomy

Kromosomistomutaatio, jossa jokin kromosomi on vain yksinkertaisena ($2n-1$).

monosyytti, monocyte

Veren kooltaan suurin valkosolutyyppe, joka muuttuu suureksi syöjäsoluksi eli makrofagiksi tulehdusreaktioissa.

morula, morula

Useita kymmeniä soluja sisältävä solurykelmä, joka on syntynyt, kun hedelmöitynyt munasolu on jakautunut mitoottisesti useita kertoja.

motorinen aivokuori, liikeaivokuori,

motor cortex

Isoaivokuoren alue, josta lähtevät hermoradat tahdonalaisiin lihaksiin.

motorinen hermosto, motor nervous system

Ääreishermoston osa, joka koostuu keskushermostostaluuksista lihaksiin käskyjä vievistä liikehermoista.

MRSA, methicillin resistant

Staphylococcus aureus

Ks. sairaalabakteeri.

muisti, memory

Hermoston kyky painaa mieleen asioita, säilyttää opittua ja koettua sekä palauttaa nämä tarvittaessa mieleen. Muisti voidaan jakaa seuraaviin osiin: sensorinen muisti, kaiku- ja ikonimuisti, työmuisti ja pitkäkestoinen muisti.

muistisolun, memory cell

B- ja T-solujen kohdatessa antigeenin osa niistä jakautuu muistisoluihin, jotka ”muistavat” antigeenin. Mikäli elimistö kohtaa saman antigeenin uudelleen on immuunivaste nopeampi ja tehokkaampi kuin ensimmäisellä kerralla.

mukautuminen, accommodation

Silmän mukautuminen näkemään tarkasti eri etäisyyksiltä. Tämä tapahtuu linssin kuperuutta säätämällä. Ks. sädelihas.

multippelit alleelit, multiple alleles

Saman geenin useat eri muodot, joita populaatiossa esiintyy. Pienin multippelisarja käsittää saman lokuksen kolme eri alleelia.

muna, egg

Sisältää hedelmöittyneen munasolun, vararavintoa ja kehittyvää alkioita suojaavia osia. Matelijoilla ja linnuilla.

munarakkula, ovarian follicle

Munarauhasessa oleva rakkula, jossa munasolu kypsyy. Käsittää kypsyvän munasolun ja sitä ympäröivät solukerrokset.

munasarja, ovary

Naisen parillinen, munasoluja sekä hormoneja tuottava sukupuolirauhanen.

munasolu, egg cell, ovum

Naisen (nisäkänaaraiden) sukusolu.

munuainen, kidney

Parillinen virtsanerityselin, joka sijaitsee ruumiinontelon takana selkäpuolella.

munuaisallas, renal pelvis

Munuaisten osa, jonne nefroneissa muodostunut virtsa kokoojaputkien kautta kerääntyy.

munuaistiehyt, renal tubule

Ks. nefroni.

muodonvaihdos, metamorphosis

Yksilön kehittyminen muna- ja toukkavaiheen kautta aikuiseksi yksilöksi. Joskus muodonvaihdokseen kuuluu myös kotelovaihe, esimerkiksi hyönteisillä.

muotoutuminen, morphogenesis

Elinten ja ruumiinosien rakentuminen yksilönkehityksen aikana. Sitä ohjaavat kudosten väliset induktiot.

muovautumismuuntelu, phenotypic plasticity

Ympäristötekijöiden aiheuttama saman lajin yksilöiden erilaisuus. Sitä voi tapahtua vain geenien asettamisissa rajoissa. Ei periydy.

mureiini, murein

Bakteerisolussa oleva soluseinän tukiaine. Koostuu sokereista ja aminohapoista.

murrosikä, puberty

Hormonien käynnistämä sukukypsyyden alkamisvaihe.

murtovesi, brackish water

Suolattoman sisäveden ja suolaisen valtameriveden sekoitus. Suolapitoisuus 0,05–3 ‰ välillä. Esimerkiksi Itämeren vesi.

mustuainen, silmäterä, pupilli, pupil

Silmän värikalvon keskellä oleva aukko, jonka kautta valo pääsee silmään.

mutaatio, mutation

Geeneissä, kromosomeissa tai kromosomistoissa tapahtuva perintöaineksen pysyvä muutos.

mutaatiojalostus, mutation improvement

Mutaatioiden hyödyntäminen kasvinjalostuksessa.

mutageeni, mutagen

Mutaatioita aikaansaava tekijä esim. ionisoiva säteily ja myrkylliset kemikaalit.

mutualismi, mutualism

Vuorovaikutussuhde, jossa molemmat yhdessä elävät lajit hyötyvät. Mutualismi voi olla ehdollista tai ehdotonta. Jos lajit eivät kykene elämään ilman toisiaan, kyseessä on ehdoton mutualismi. Jos lajit voivat elää itsenäistekin, kyseessä on ehdollinen mutualismi. Synonyymina käytetään joskus symbioosikäsittettä.

muuntelu, variation

Saman lajin yksilöiden, populaatioiden tai alalajien välinen vaihtelu yhden tai useamman ominaisuuden suhteen.

muuntogeeninen eliö, genetically modified organism, GMO

Eliö, jonka perimää on muunneltu joko tuomalla siihen uusia geenejä (siirtogeeninen) tai tekemällä jokin sen omista geeneistä toimimattomaksi (poistogeeninen).

muuntogeeninen ravinto,

geeniruoka, genetically modified food
Ruokaa, jonka raaka-aineena on käytetty muuntogeenisiä eliöitä tai niiden osia, kuten siemeniä tai hedelmiä.

myeliinituppi, myelin sheath

Hermosolun viejähaaraketta (aksonia) ympäröivä lipideistä ja proteiineista muodostunut rakenne. Toimii eristävänä kerroksena viejähaarakeen ympärillä, nopeuttaa impulssin kulkua ja auttaa vaurioitunutta viejähaaraketta uusiutumaan.

mykiö, lens

Silmän linssi. Taittaa valoa ja tarkentaa kuvan verkkokalvolle.

mykorritsa, mycorrhiza

Ks. sienijuuri.

myosiini, myosin

Lihassolujen lihassäikeissä oleva proteiini, joka osallistuu lihassolujen supistumiseen.

myyräkuume, *epidemic nephropathy*
Metsämyyristä tarttuva Puumala-virus aiheuttaa kuumetta ja munuaisten vajaatoimintaa.

märkälaskeuma, *wet deposition*
Ilmaan päässeet typen ja rikin oksidit reagoivat veden kanssa, jolloin muodostuu rikki- ja typpihappoa ja ne tulevat maahan happamana sadevetenä.

mätäneminen, *decaying*
Orgaanisen aineen hajoaminen mädättäjäbakteerien toimesta hapettomissa olosuhteissa.

N

nanobioteknologia, *nanobiotechnology*
Nanomittakaavan eli erittäin pienten rakenteiden teknologiaa yhdistettynä biologiin rakenteisiin.

nanometri (nm), *nanometer*
Metrin miljardisosaa (10⁻⁹).

napanuora, *umbilical cord*
Rakkokalvosta syntynyt osa, joka yhdistää sikiön istukkaan. Napanuorassa on yksi happea ja ravintoaineita kuljettava napalaskimo ja kaksi kuona-aineita kuljettavaa napavaltimoa.

Natura 2000-verkosto, *Natura 2000-network*
Luonnonsuojelulle tärkeitä alueista perustettu verkosto koko EU:n alueella. Natura 2000 -verkosto pyrkii turvaamaan luontodirektiivissä määriteltyjen luontotyyppien ja lajien elinympäristöjä.

neandertalinihminen, *Neanderthal man*, *Homo neanderthalensis*
Ihmisen sukuun kuuluva laji, joka eli vielä viime jääkaudella samaan aikaan nykyihmisen kanssa Euroopassa ja Lähi-idässä.

nefroni, *nephron*
Munuaisten rakenteellinen ja toiminnallinen perusyksikkö. Nefroniin kuuluvat munuaiskeräsen (keräsen kotelo ja kotelon sisällä oleva hiussuonikeräsen) ja munuaistiehyt.

nestejännitys, *turgor*
Kasveilla veden oton seurauksena syntyvä, solunesteen paineesta aiheutuva tila. Sen ansiosta ruohovartiset kasvit pysyvät pystyssä.

nestetasapaino, *water balance*
Elimistön sisään otetun ja sieltä poistetun veden välinen tasapaino, jonka säätely on tärkeä osa elimistön sisäisen tasapainon, homeostasian, säätelyä.

nettoperustuotanto, *net primary production*
Ekosysteemin kaikkien tuottajien yhteinen tuotanto, josta on vähennetty tuottajien oman kulutuksen (hengityksen) osuus.

nettotuotanto, *net production*
Tuottajien tai kuluttajien tuotanto, josta elion oman hengityksen osuus on vähennetty.

neurulaatio, *neurulation*
Selkärankaisten alkionkehityksessä gastrulaatiota seuraava vaihe, jonka aikana keskushermosto alkaa muotoutua.

neutrofiili, **neutrofiilinen jyväsolu**, *neutrophil*
Bakteereita tuhoava ja verisuonen seinämän helposti läpäisevä syöjäsolu. Neutrofiilit kuuluvat osana elimistön synnynnäiseen immuuniteettiin ja edustavat noin puolta veren kaikista valkosoluista.

nilaosa, *phloem*
Putkilokasvien johtojänteen osa, jota pitkin yhteyttämistuotteet kuljetetaan kasvin eri osiin.

nitrifikaatio, *nitrification*
Reaktio, jossa nitrifikaatiobakteerit muuttavat ammoniumtypen nitriitti- ja nitraatti-ioneiksi.

nivel, *joint*
Luiden välinen liitoskohta. Muodon mukaan erotetaan esim. pallonivel ja ratasnivel.

nivelside, *ligament*
Tiivistä sidekudosta, joka liittää luun toiseen luuhun ja tukee niveltä.

normaalifloora, **hyödyllinen bakteerifloora**, *normal flora*
Eläinten ja ihmisen iholla, limakalvoissa ja suolistossa mutualistisessa suhteessa isäntänsä kanssa elävä mikrobikasvusto.

nukkalisäike, *microvilli*
Solukalvon erilaistunut, sormimainen lisäke, joita on esimerkiksi ohutsuolen seinämässä ja munuaistiehyissä. Ne moninkertaistavat imeytymispinta-alan.

nukleiinihappo, *nucleic acid*
Tuman ja solun informaatiota sisältävä orgaaninen molekyyli, joita ovat DNA (deoksiribonukleiinihappo) ja RNA (ribonukleiinihappo). Ne ovat muodostuneet nukleotideista.

nukleotidi, *nucleotide*
Nukleiinihappojen rakenneosa, joka koostuu sokeri-, fosfaatti- ja emäsosasta. Sokeriosa on DNA:ssa deoksiriboosi ja emäsosa adeniini, tymiini, guaniini tai sytosiini. RNA:ssa sokeriosana on riboosi ja emäsosa adeniini, urasiili, guaniini tai sytosiini.

nukleotiditrifosfaatti, *nucleotide triphosphate*
Runsasenerginen yhdiste, joka rakentuu kolmesta fosfaattiryhmästä, sokeri- ja emäsosasta. Solu käyttää näitä nukleiinihapposynteesissä ja energialähteinä.

näkyvä valo, *visible light*
Sähkömagneettisen spektrin osa, jonka aallonpituus on noin 400–700 nm.

näköhermo, *optic nerve*
Hermorata, joka siirtää impulssit silmän verkkokalvosta isoavokuoren näköalueelle.

näköpurppura, *visual purple*, *rhodopsin*
Ks. rodopsiini.

O

ohjelmoitunut solukuolema, *apoptosis*
Ks. apoptoosi.

ohutsuoli, *small intestine*
Suoliston osa, jossa ravintoaineiden lopullinen hajoaminen tapahtuu entsyymien avulla ja pilkkoutumistuotteet siirtyvät verenkiertoon tai imusuonistoon.

oksitosiini, *oxytocin*
Aivolisäkkeen erittämä hormoni, joka saa aikaan mm. kohdun lihasten supistukset synnytyksessä.

oligotrofinen järvi, *oligotrophic lake*
Niukkaravinteinen järvi.

omavarainen, *autotrophic*
Ks. autotrofi.

ominaisuusyhdistelmät, *character recombination*

Suvullisen lisääntymisen tuottamat uudet ominaisuusyhdistelmät jälkeläistössä. Aiheutuvat uusista erilaisista perintötekijöiden yhdistelmistä.

ongelmajäte, *hazardous waste*

Luonnossa hitaasti hajoava tai hajoamaton, luonnolle haitallinen aine, jota on vaikea hävittää tai muuttaa vaarattomaksi. Käsitellään ongelmajätelaitoksissa.

onkogeneeni, syöpägeeni, *oncogene*

Solun perintötekijöihin kuuluva solun kasvua ja jakautumista säätevä geeni, joka DNA-vaurion takia voi muuttua pahanlaatuisia kasvaimia aiheuttavaksi

operoni, *operone*

Bakteerien entsyymaattisten reaktiosarjojen geenien koodaavat alueet sijaitsevat peräkkäin yhden säätelyalueen perässä ja luetaan yhdeksi I-RNA:ksi. Tällä tavalla bakteeri pystyy tuottamaan tehokkaasti tarvittavan määrän yhteen aineenvaihduntareittiin tarvittavia entsyymejä.

optimi, *optimum*

Edullisin ympäristö eliön lisääntymiselle, kasvuille ja kehitykselle. Sietoisuusalueen kohta, jossa kemiallisen tai fysikaalisen tekijän määrä on eliön kannalta sopivin.

orgaaninen yhdiste, *organic compound*

Solun hiiltä sisältävä yhdiste (paitsi hiilidioksidi ja karbonaatit). Solun orgaanisia yhdisteitä ovat hiilihydraatit, lipidit, proteiinit ja nukleiinihapot. Orgaanisiin yhdisteisiin on sitoutunut energiaa.

orgaaninen, *organic*

Eloperäinen, elollisesta luonnosta peräisin oleva.

orvaskesi, *epidermis*

Ihon pintakerros. Sen uloin kerros on sarveistuneista, kuolleista soluista muodostunut marraskesi.

osapopulaatio, *subpopulation*

Populaation osa, joka vähitellen eriytyy muusta populaatiosta.

osmoosi, *osmosis*

Liuottimen eli soluissa veden siirtymistä diffuusiassa puoliläpäisevän kalvon (solukalvon) läpi laimeammasta liuksesta väkevämpään. Siirtyminen tasoittaa kalvon eri puolilla olevien liuosten väkevyyseroja. Vesi siirtyy suuremman vesipitoisuuden puolelta pienemmän vesipitoisuuden puolelle.

osteoblasti, *osteoblast*

Luunmuodostajasolu, joka erilaistuttuaan kehittyä luusoluksi.

osteoklasti, *osteoclast*

Monitumainen suuri solu, joka hajottaa luukudosta, jolloin kalsiumia siirtyy verenkiertoon.

osteoporoosi, *osteoporosis*

Ks. luukato.

osteosyytti, *luusolu*, *osteocyte*

Luukudoksen solu, joiden ympärillä on runsaasti väliainetta, ja jotka ovat yhteydessä toisiinsa pitkien haarakkeiden välityksellä.

otos, *sample*

Ekologisessa tutkimuksessa käytetty menettely, jossa satunnaisesti tai systemaattisesti poimittu osa populaatiosta tai alueesta tutkitaan, ja sen perusteella tehdään koko populaatiota tai aluetta koskevia päätelmiä.

otsonikerros, *ozone layer*

Stratosfäärissä oleva otsoni (O₃), joka esiintyy noin 15–25 kilometrin korkeudella. Otsonikerros absorboi suuren osan auringon UV-säteilyä.

otsoniaukko, *ozone hole*

Alue ilmakehän stratosfäärissä, missä otsonikerros on ohentunut. CFC-yhdisteet hajottavat otsonia ja seurauksena on haitallisen UV-säteilyn lisääntyminen.

ovulaatio, *ovulation*

Kuukautiskierron puolivälissä tapahtuva munasolun irtoaminen puhkeavasta munarakkulaasta

P

PAH-yhdisteet, *polyaromatic*

hydrocarbons

Polyaromaattiset hiilivedyt ovat rasvaliukoisia orgaanisia myrkkyyä, jotka aiheuttavat mm. syöpää.

paksusuoli, *large intestine, colon*

Ruuansulatuskanavan osa, jossa ruuansulatuksessa hajoamattomasta aineksesta poistuu vettä ja natriumia ja jonka mikrobitoiminta tuottaa mm. K-vitamiinia.

palautesäättely, *regulation by feedback*

Säättely, jossa hormoni vaikuttaa estävästi omaan eritykseensä. Palautesäättelyn avulla hormonipitoisuus veressä pysyy täsmälleen oikealla tasolla hypothalamuksen ja aivolisäkkeen kautta.

paleontologia, *paleontology*

Muinaisten aikojen elämää tutkiva tiede, jossa tieto perustuu etenkin fossiililöytöihin.

paljassiemeniset, *gymnosperms*

Siemenkasvit, joiden siemenaiheet ovat paljaana emilehden pinnalla, esimerkiksi havupuut.

palsasuo, *palsa bog*

Pohjois-Lapin suoyhdistymä, jossa on ikiroudassa olevia turvekumpuja, palsoja.

pandemia, *pandemia*

Tautiepidemia, joka leviää maanosasta toiseen. Esimerkiksi espanjantauti.

paras käyttökelpoinen tekniikka, *best available technology*

Teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoinen tekniikka, joka kuormittaa ympäristöä mahdollisimman vähän.

parasitismi, *parasitism*

Loissuhde, kahden eliön tai lajin vuorovaikutussuhde, jossa toinen (loinen) hyötyy toisen (isännän) kustannuksella tappamatta tätä.

parasympaattinen hermosto, *parasympathetic nervous system*

Autonomisen hermoston osa, joka on aktiivinen lähinnä lepotilassa. Aktivoi mm. ruuansulatuselimistön toimintaa.

parathormoni, *parathyroid hormone*

Lisäkilpirauhasen erittämä hormoni, joka säätelee kalsiumtasapainoa. Se tehostaa kalsiumin imeytymistä verenkiertoon suolistosta ja takaisinimeytymistä munuaisissa sekä kalsiumin vapautumista luukudoksesta.

Parkinsonin tauti, *Parkinson's disease*

Keskushermoston yhden tumakkeen neuronien vähittäinen tuhoutuminen. Oireita ovat vapina, liiallinen lihasten jäykkyys ja myöhemmin dementia.

partenogeneesi, *parthenogenesis*
Alkion synty naaraspuolisesta
sukusolusta ilman hedelmöitystä.
Luokitellaan suvulliseksi lisääntymiseksi.

passiivinen immunisaatio, *passive immunisation*
Immuuniksi tekeminen tuomalla
elimistöön valmiita vasta-aineita.

passiivinen kulkeutuminen, *passive transport*
Aineiden siirtyminen solukalvon läpi
suuremman pitoisuuden puolelta
pienemmän pitoisuuden puolelle
ilman energiaa. Se voi tapahtua
diffuusion, osmoosin tai avustetun
diffuusion eli kantaja- aineiden avulla tai
proteiinikanavien kautta.

patogeeniset mikrob, *pathogenic microbes*
Tauteja aiheuttavia pieneliöitä,
bakteereita, alkueläimiä, myös monet
virukset ovat patogeeneja.

PCB, *polychlorinated biphenyls*
Polyklooratut bifenyyliit ovat suuri ryhmä
ihmisen valmistamia yhdisteitä, jotka ovat
osoittautuneet vaarallisiksi orgaanisiksi
ympäristömyrkyiksi.

PCR
Ks. polymeerasiketjureaktio.

pelkistyminen, *reduction*
Reaktio, jossa aineen atomit ottavat
vastaan elektroneja. Elektroneja
vastaanottava aine pelkistyy. Ks.
hapetuspelkistysreaktiot.

penisilliini, *penicillin*
Antibiootti, joka estää bakteerien
soluseinässä olevan mureiinin
valmistuksen ja siten aiheuttaa
bakteerisolun hajoamisen.

pepsiini, *pepsin*
Proteiineja polypeptideiksi pilkkova
ruuansulatusentsyymi, jota erittyy mahan
rauhassoluista ja joka toimii parhaiten
erittäin happamassa ympäristössä.

peptidisidos, *peptide bond*
Kahden aminohapon yhdistyessä
muodostuva sidos, kun toisen
aminohapon karboksyyli-ryhmä ja toisen
aminoryhmä reagoivat keskenään.

perimä, *genome, genotype*
Yksilön kaikkien geenien muodostama
kokonaisuus.

perinnebiotooppi, *traditional biotope*
Perinteisten elinkeinojen ja
maankäyttötapojen muovaama
elinympäristö. Esimerkiksi niityt, kedot,
ahot ja metsälaitumet.

perinnöllinen muuntelu
Ks. geneettinen muuntelu.

perinnöllisyystiede, *genetiikka*,
genetics
Ks. genetiikka.

perintötekijä, *gene*
Ks. geeni.

peroksisomi, *peroxisome*
Tumallisissa soluissa tavattava
kalvorakkula, joka sisältää kymmeniä
erilaisia entsyymeitä. Se sisältää yleensä
vetyperoksidia hapeksi ja vedeksi
pilkkovaa katalaasia sekä muita solulle
haitallisia aineita pilkkovia entsyymeitä.

perustajanvaikutus, *founder effect*
Muutamasta kantapopulaation yksilöstä
syntynyt uusi populaatio, jonka
perintötekijäyhdistelmät poikkeavat
sattuman takia kantapopulaation
perintötekijäyhdistelmistä.

perustuotanto, *primary production*
Primaarituotanto, tuottajien sitoma
energia tai biomassa.

peto, *predator*
Saalistaja, eläin, joka elää tappamalla
toisia eläimiä ravinnokseen.

pH, *pH*
Happamuutta osoittava luku. pH-luku voi
olla 1–14: 7 = neutraali, > 7 = emäksinen
ja < 7 = hapan.

pigmentti, *pigment*
Väriaine, esimerkiksi ihon melaniini.

pikkuaivot, *cerebellum*
Keskushermoston osa, joka toimii
pääasiassa liikkeiden hienosäädössä ja
koordinoinnissa.

pimeäreaktiot, *dark reactions*
Fotosynteesissä valoreaktioiden jälkeen
tapahtuvat reaktiot, joissa hiilidioksidista
ja vedystä syntyy glukoosia.

pintasolukko, *dermal tissue*
Yksi kasvia verhoavista solukotyypeistä.
Muodostaa esimerkiksi lehtien
ulkopinnan.

pioneerilaji, *pioneer species*
Eliölaji, joka ensimmäisten joukossa
asuttaa tyhjän alueen aloittaen
sukessiiokehityksen. Käsitettä voidaan
laajentaa koskemaan myös eliöyhteisöjä,
jolloin puhutaan pioneeri-yhteisöistä.

pisarointi-ilmiö, *guttation*
Kasvin tapa poistaa vettä juuripaineen
avulla lehtisuonien päistä. Ilmiö näkyy
joillakin kasveilla aamuisin lehden pinnalla
ja reunoilla näkyvinä vesipisaroina.

pistekuormitus, *point-loading*
Luontoon tuleva päästö, joka voidaan
selvästi paikallistaa. Pistemäisiä
kuormittajia ovat esimerkiksi jäteveden
puhdistamot ja tehtaat.

pistemutaatio, *point mutation*
Geenimutaatio, jossa vain yksittäinen
emäs on muuttunut.

pitkänpäivänkasvi, *long-day plant*
Kasvi, joka kukkiakseen tarvitsee
pitkähkön (12–14 h) valoisan ajan.

plankton (keijusto), *plankton*
Veden pintakerroksen mukana liikkuvaa
mikroskooppisen pientä eliöstöä
kuten syanobakteereita, pieniä leviä ja
planktoneläimiä.

plasmasolu, *plasma cell, plasmacyte*
Aktivoitunut B-solu.

plasmidi, *plasmid*
Bakteerisolussa oleva pieni rengasmainen
DNA-molekyyli, joka jakautuu
kromosomista erillään. Bioteknologiassa
plasmideja hyödynnetään vektoreina
geenisiirroissa.

plasmolyysi, *plasmolysis*
Ilmiö, jossa kasvisolusta siirtyy osmoosin
vaikutuksesta vettä sen ulkopuolelle,
kun kasvisolu on itseään väkevämmässä
ympäristössä. Tämän seurauksena
solulima irtoaa soluseinästä ja vakuolit
pienenevät.

plastidi, *plastid*
Kasvisolujen ja levien kalvorakenteista
koostuva soluelin, jossa
yhteyttämisväriaineita ja voi olla myös
DNA:ta. Esim. viherhiukkanen.

pohjukaissuoli, *duodenum*
Mahanportista alkava ohutsuolen
alkuosa.

poikkijuovainen lihas, luustolihas,

skeletal muscle

Lihaskudostyyppi, jota on tahdonalaisissa lihaksissa eli luurankolioksissa. Solut ovat pitkiä, monitumaisia, ja aktiini- ja myosiiniproteiinisäikeet erottuvat juovaisena rakenteena.

poistogeeninen, gene inactivation, gene

knockout

Solu tai eliö, jonka oma geeni on tehty toimintakyvyttömäksi.

polygeeninen ominaisuus, polygenic character

Ominaisuus, johon vaikuttavat useat geenit. Tällaisia ovat tyypillisesti ihmisen määrälliset ominaisuudet kuten pituus tai ihon väri.

polygeenit, polygenes

Määrällisiin ominaisuuksiin vaikuttavat geenit. Nämä geenit sijaitsevat monissa lokuksissa, ja niiden vaikutus on usein summautuvaa. Yhden alleelin vaikutus on vähäinen, mutta monet alleelit yhdessä saavat aikaan liukuvan sarjan erilaisia fenotyyppisiä.

polymeraasiketjureaktio, polymerase chain reaction, PCR

Menetelmä, jonka avulla DNA-molekyyliä voidaan monistaa nopeasti koeputkessa.

polymeraasit, polymerases

Entsyymejä, jotka rakentavat pienemmistä molekyyleistä suuria makromolekyylejä (polymeereja). Esim. DNA-polymeraasi rakentaa nukleotideista DNA-ketjua.

polyploidia, polyploidy

Peruskromosomiston esiintyminen useampana kuin kahtena (2n). Esimerkiksi 3n, 4n tai 5n.

polysakkaridi, polysaccharide

Hiilihydraatti, joka on muodostunut monista monosakkaridimolekyyleistä. Esim. tärkkelys, selluloosa ja glykogeeni. Ks. hiilihydraatit.

populaatio, population

Samanaikaisesti tietyllä alueella elävät saman lajin yksilöt, joiden on mahdollista lisääntyä keskenään.

POP-yhdiste, persistent organic pollutant

Orgaanisia yhdisteitä, jotka ovat erittäin hitaasti hajoavia, kaukokulkeutuvia ja eliöihin kertyviä. POP-yhdisteet kertyvät rasvaliukoisine helposti eliöihin ja rikastuvat ravintoketjussa.

porttilaskimo, portal vein

Kookas laskimo, joka vie verta ruuansulatuskanavasta, pernasta ja haimasta maksaan.

ppm, parts per million

Miljoonasosa painosta.

P-polvi, parental generation

Risteytyksissä kantavanhemmat. Mendelin risteytyksissä P-polvi on tutkittavien geenien osalta homotsygoottinen.

primaarirakenne, primary structure

Proteiinin primaarirakenne tarkoittaa sen aminohappojärjestystä.

primaarituotanto, primary production

Ks. perustuotanto.

prioni, prion

Isäntäeläimen oman geenin tuottama, mutta muuttunut proteiini. Voi aiheuttaa kuolemaan johtavia hermostotauteja (mm. hullun lehmän tauti)

progesteroni, keltarauhashormoni, progesterone

Keltarauhasesta ja istukasta erittyvä hormoni, joka ylläpitää raskautta.

prolaktiini, prolactin

Aivolisäkkeestä erittyvä hormoni, joka saa aikaan naisen maidonerityksen synnytyksen jälkeen.

promoottori, promoter

Juuri ennen transkription aloituspaikkaa sijaitseva geenin säätelyalueen osa. Promoottoriin ja tehostajaksoon sitoutuvat proteiinit muodostavat aloittajakompleksin, jonka avulla RNA-polymeraasi voi tarttua promoottoriin ja aloittaa RNA:n rakentamisen.

proteaasit, proteases

Proteiineja pilkkovia entsyymejä.

proteiini, valkuaisaine, protein

Solujen elintoiminnoille välttämätön tyyppiä sisältävä orgaaninen molekyyli, joka on rakentunut aminohapoista.

proteiinisynteesi, protein synthesis

Proteiinien valmistus solussa geenien sisältämän ohjeen mukaisesti. Laajemmassa merkityksessä käsittää sekä transkription eli I-RNA:n synteesin tumassa että translaation eli aminohappoketjun valmistamisen ribosomissa I-RNA:n sisältämän koodin mukaan. Suppeammassa merkityksessä tarkoittaa translaatiota.

proteomiikka, proteomics

Proteiinien rakennetta, ominaisuuksia ja vuorovaikutuksia tarkasteleva tutkimusala, joka käyttää tietotekniikkaa hyväkseen.

protoni, proton

Atomin ytimen positiivisesti varautunut alkeishiukkanen.

protoplasti, protoplast

Kasvi-, bakteeri- tai sienisol, jonka soluseinä on poistettu.

puhdas linja, pure line

Perinnöllisesti samanlaisten ja geenistöltään homotsygoottisten, yksilöiden muodostama peräkkäisten sukupolvien sarja. Jalostuksessa puhdas linja saadaan aikaan valinnan avulla.

puhdasviljelmä, pure culture

Yhdestä bakteeripesäkkeestä muodostettu bakteeriviljelmä, jossa kaikki bakteerit ovat samaa kantaa.

pullonkaulailmiö, bottleneck effect

Sattumaan ja geneettiseen ajautumiseen liittyvä ilmiö, jossa populaatio kutistuu tilapäisesti muutama yksilöön ja uudelleen kasvaessaan muodostuu geenistöltään erilaiseksi kuin alkuperäinen populaatio.

pulssi, pulse rate

Sydämen aiheuttama veren paineaaltojen taajuus valtimoissa. (vrt. syke)

punasolu, erythrocyte

Veren tumaton, hemoglobiinia sisältävä solu, joka on erikoistunut hengityskaasujen kuljetukseen.

punavihersokeus, red-green colour

blindness, protanopia

X-kromosomissa resessiivisesti periytyvä ominaisuus, jossa punaisen ja vihreän värin erottaminen on vaikeaa.

pupilli

Ks. mustuainen.

puskuri(kyky), buffer

Liuoksen kyky estää tai pienentää pH:n muuttumista. Esimerkiksi kallio, maaperä tai vesi voi sitoa vetyioneja eli vastustaa happamoitumista.

putkilokasvi, vascular plant

Kasvi, jonka rakenteessa on johtosolukko. Putkilokasveihin kuuluvat sanikkaiset ja siemenkasvit.

puuosa, xylem

Putkilokasvien johtojänteen osa, joka koostuu pitkistä kuolleista soluista. Puuosaa pitkin kulkevat vesi ja siihen liuenneet ravinteet juuresta kasvin muihin osiin.

puuraja, tree line

Harvojen puuyksilöiden muodostama raja puuttomaan alueeseen nähden esimerkiksi napa-alueilla ja vuoristoissa.

pyruvaatti (palorypälehappo),

pyruvic acid

Soluhengityksen ensimmäisen vaiheen, glykolyysin tuote. Glukoosimolekyyli hajoaa kahdeksi pyruvaattimolekyyliksi ja samalla vapautuu vetyä ja hieman energiaa.

pyöreä rakkula, sacculle

Sisäkorvassa oleva, nesteen täyttämä kalvopussi, jonka pohjassa on aistisoluja. Pyöreän ja soikean rakkulan avulla aistitaan pään asentoa ja kiihtyvää suoraa liikettä.

pääjakso, phylum

Eläinten korkein luokitteluyksikkö, esimerkiksi niveljalkaiset. Pääjaksot muodostavat yhdessä eläinkunnan.

pölytys, pollination

Siemenkasvien siitepölyn kulkeutuminen tuulen (tuulipölytys) tai hyönteisten (hyönteispölytys) kuljettamana heteistä emille.

pöytävierassuhde, commensalism

Pöytäoveruus, pöytäkumppanuus. Kahden lajin välinen suhde, joka on pöytävieraalle (commensal) hyödyllinen tai elinehto ja toisaalta isännälle (host) merkityksetön.

R**radioaktiivinen isotooppi, radioactive isotope**

Alkuaineen isotooppi, jonka atomiydin on epävakaa. Muuttuessaan energialtaan pienemmäksi ydinlajiksi, tästä isotoopista vapautuu hiukkas- tai säteilyenergiaa. Esimerkiksi uraani-235 ja hiili-14.

radioaktiivinen säteily radioactive radiation

Alkuaineiden radioaktiivisista isotoopeista peräisin oleva säteily. Radioaktiivisuus on aineen ominaisuus, ei siis esimerkiksi säteilyn ominaisuus.

radioaktiivisuus, radioactivity

Atomiytimien muuttuminen toisiksi ytimiksi. Radioaktiivinen ydin lähettää muutostapahtumalle ominaista sähkömagneettista tai/ja hiukkasäteilyä.

rakennegeeni, structural gene

Geeni, joka ohjaa tietyn proteiinin syntyä proteiinisynteesissä.

rakkokalvo, allantois

Syntyy alkion loppusuolen pullistumasta ja sulautuu yhteen suonikalvon kanssa muodostaen ravitsemuskalvon. Siitä tulee myös napanuora.

raskasmetalli, heavy metal

Ryhmä metalleja, joiden tiheys on suuri ja jotka ovat usein myrkyllisiä jo pieninä pitoisuuksina. Raskasmetalleihin kuuluu noin 60 alkuainetta, esim. kadmium, lyijy, kupari, tina ja elohopea.

raskaustesti, pregnancy test

Virtsanäytteestä tehtävä tutkimus, jolla voidaan jo raskauden alkuvaiheessa todeta raskautta osoittavia istukkahormonista muodostuneita yhdisteitä.

rasvahappo, fatty acid

Hiilivetyjen muodostama pitkäketjuinen yhdiste, jolla on tärkeä merkitys solujen rakenteissa ja energiavarastoina.

rasvaliukoiset vitamiinit, fat-soluble vitamins

A-, D-, E- ja K-vitamiinit liukenevat veteen huonosti, mutta rasvaliukoittimiin hyvin.

ravinteet (kasviravinteet), nutrients

Kasvien tarvitsemat epäorgaaniset aineet, joita ne ottavat maasta veteen liuenneina.

ravintoaineet, ravinto, nutrients, food

Elimistön normaaliin toimintaan tarvittavat orgaaniset yhdisteet, hiilihydraatit, rasvat ja proteiinit. Lisäksi elimistö tarvitsee vitamiineja, kivennäis- ja hivenaineita ja vettä.

ravintoketju, food chain

Ekologinen suhde, joka yhdistää kasveja, niitä syöviä kasvinsyöjäeläimiä ja niitä edelleen syöviä petoja sekä kaikkien edellä mainittujen eliöiden hajottajia. Ravintoketjulla kuvataan aineen ja energian siirtymistä tuottajilta kuluttajille ja hajottajille.

ravintospesialisti, monophage

Eläin, joka käyttää vain yhdenlaista ravintoa.

ravintoverkko, food web

Ekosysteemin toistensa kanssa risteävien ravintoketjujen muodostama kokonaisuus.

ravitsemuskalvo, allantochorion

Syntyy rakko- ja suonikalvon kasvaessa yhteen. Muodostaa istukan sikiönpuoleisen osan.

reesustekijä, Rh-tekijä, rhesus factor, Rh-factor

Punasolujen pinnassa oleva veriryhmätekijä eli antigeeni. Reesusveriryhmätekijöitä on useita ja niistä merkittävin on D-antigeeni. Rh-positiivisella (Rh-pos) henkilöllä on tämä antigeeni, ja Rh-negatiivisella (Rh-neg) se puuttuu.

refleksi, heijaste, reflex action

Aistihieron ärsytyksestä tapahtuva automaattinen reaktio. Sen perusmekanismina on refleksikaari, joka muodostuu keskushermostoon päin tuovasta aistinhemoradasta ja keskushermostosta lihakseen vievästä liikehermoradasta.

regeneraatiokyky, regeneration

Eliön uusiutumiskyky, jolloin jo erikoistuneesta ruumiinosasta kasvaa uusi osa tuhoutuneen tilalle.

rehevöityminen, eutrophication

Ravinteiden, erityisesti typen ja fosforin, määrän lisääntyessä tapahtuva kasvien ja levien perustuotannon lisääntyminen. Sitä voi seurata hajottajien toiminnan vilkastuminen, joka saattaa johtaa happikatoon.

rekombinaatio, recombination

Jälkeläisten perimässä tapahtuvaa geenien uudelleenryhmittymistä. Sitä saavat aikaan suvullinen lisääntyminen, vastinkromosomien sattumanvarainen erkaneminen meiosisissa sekä tekijäinvaihdunta (crossing over). Ks. geneettinen rekombinaatio, ominaisuusyhdistelmät.

reliktilaji, *relic species*

Jäännelaji. Laji, jonka levinneisyysalue on aiemmin ollut nykyistä laajempi ja nykyinen suppea levinneisyys on jäännelajin aikaisemmasta levinneisyydestä. Esimerkiksi saimaannorppa ja lapinvuokko ovat reliktilajeja.

rengaskromosomi, *ring chromosome*
DNA:sta muodostunut rengasmainen kromosomi, jolta puuttuvat vapaat päät. Tavataan esitumallisilla eliöillä.

reseptori, *receptor*

1. Solukalvolla tai solun sisällä sijaitseva vastaanottajamolekyyli, joka on usein proteiini ja sitoo jonkin tietyn aineen, kuten viestiaineiden, molekyyliä. Sitoutumista seuraa solussa jokin reaktio, vaste. 2. Aistisolun tai sen osa, joka on erilaistunut ottamaan vastaan ärsykeitä.

resessiivinen, peittyvä alleeli, *recessive allele*

Alleeliparin alleeleista se, jonka ilmeneminen jää toisen, dominoivan alleelin peittoon heterotsygoottisen yksilön fenotyyppissä ja tulee esiin vain alleelin esiintyessä kahtena kappaleena (homotsygoottisena).

resistenssi, *resistance*

Eliön vastustuskyky esimerkiksi lääketta, torjuntaainetta tai mikrobia vastaan. Esimerkiksi bakteerien antibioottiresistenssi.

restriktioentsyymit (katkaisijaentsyymit), *restriction enzymes*

Bakteerien entsymeitä, jotka katkaisevat niissä lisääntyvien virusten DNA-molekyyliä tiettyjen emäsryhmien kohdalta. Käytetään geeniteknikassa siirrettävien geenien katkaisemiseen muusta DNA:sta.

resurssi, *resource*

Ympäristötekijä, jota eliöt hyödyntävät, kuten valo, tila, ravinto jne.

resurssikilpailu, *resource competition*
Lajinsisäinen tai lajienvälinen kilpailu ympäristön rajallisista resursseista.

retroRNA-virus, *retrovirus*

Virus, jonka perimä koostuu yksijuosteisesta RNA:sta ja joka käänteiskopioijaentsyyminsä avulla kääntää isäntäsolussa RNA:nsa kaksijuosteiseksi DNA:ksi. Esimerkiksi HI-virus.

reunavaikutus, *edge effect*

Ilmenee eri ekosysteemien rajalla siten, että eliöiden lajimäärä ja yksilötiheys ovat suurempia kuin kummankaan ekosysteemin sisällä, esim. pellon ja metsän raja-alue.

reviiri, *territory*

Eläimen tai lauman elinpiiri tai pesimäalue, jota se puolustaa muita saman lajin yksilöitä tai laumoja vastaan.

ribonukleiinihappo, RNA, *ribonucleic acid*

Koostuu nukleotideista, joiden sokeriosa on riboosi ja emäsosana voi olla adenini, urasiili, guaniini tai sytosiini. Proteiinisynteesissä esiaste-RNA ja lähetti-RNA toimivat informaatiokoodin siirtäjinä ja siirtäjä-RNA ja ribosomi-RNA informaation kääntäjänä "aminohappokieleksi". Lisäksi mikro-RNA-molekyylit osallistuvat geenien ilmentymisen säätelyyn solussa.

riboosi, *ribose*

Viisi hiiliatomia sisältävä sokerimolekyyli, RNA-nukleotidin rakenneosana.

ribosomi, *ribosome*

Soluelin, joka on muodostunut RNA:sta ja proteiineista. Ribosomit ovat keskeisessä asemassa proteiinisynteesissä, koska ne kokoavat aminohappoketjuja lähetti-RNA:n sisältämän informaation perusteella. Solun proteiinit syntyvät ribosomien pinnalla.

rikastuminen ravintoketjussa, *biomagnification*

Vierasaineiden, kuten ympäristömyrkkyjen, kasaantuminen ravintoketjussa. Mitä korkeammalla ravintoketjussa eliö on, sitä suuremman annoksen kemiallista ainetta se saa ravinnon mukana kudoksiinsa.

rinnakkaisevoluutio, *coevolution*

Kahden tai useamman lajin, esim. pedon ja saaliin, toisistaan riippuvainen evoluutio.

risteytys, *hybrid, crossbreed*

Jalostuksessa käytetty menetelmä, jossa kaksi perimältään erilaista yksilöä lisääntyvät keskenään, jolloin saadaan uusia ominaisuusyhdistelmiä. Risteytysjalostuksessa tavoitteena on jalostaa yksilöitä, joilla on useita hyviä ominaisuuksia.

ristipölytys, *cross-pollination*

Kukan pölyttyminen toisen kasviyksilön kukasta peräisin olevalla siitepölyllä.

RNA

Ks. ribonukleiinihappo.

RNA-polymeraasi, *RNA polymerase*

RNA:ta syntetisoiva eli rakentava entsyymi.

RNA-virus, *RNA virus*

Virus, jonka perimäaine on RNA:ta.

rodopsiini, näköpurppura, *rhodopsin, visual purple*

Silmän sauvasolujen valoherkkä näköpigmentti, joka koostuu opsiinista (proteiini) ja A-vitamiinin johdannaisesta, retinista.

rokotus, *vaccination*

Aktiivinen immunisaatio. Immuuniksi tekeminen tuomalla elimistöön tapettuja tai heikennettyjä taudinaiheuttajia tai niiden osia, tai taudinaiheuttajan lähisukulaista tai taudinaiheuttajan antigeenia.

rotu, *race*

Eläinlajin sisäinen yksilöjoukko, jonka yksilöt poikkeavat tiettyjen ominaisuuksien suhteen muista lajin yksilöistä. Saman lajin eri rodut kykenevät lisääntymään keskenään ja jälkeläiset ovat lisääntymiskykyisiä. Esimerkiksi eri koirarodut.

runsasravinteinen (eutrofinen) järvi, *eutrophic lake*

Vesiekosysteemi, jonka perus- ja jatko tuotanto on runsasravinteisuuden vuoksi suuri.

ruska, *autumn tints*

Talveentumiseen liittyvä värinmuutos kasveissa; lehdissä lehtivihreä hajoaa ja näkyviin jää punaisia ja keltaisia väriaineita (antosyaaneja ja karotenoideja).

ruskea rasva, *brown fat*

Varsinkin talvehtiville nisäkkäille, kuten siilille ominainen rasvakudos, jossa vilkas aineenvaihdunta tuottaa runsaasti lämpöä.

rusto, *cartilage*

Vahvaa ja taipuisaa sidekudosta, jota on esimerkiksi pitkien luiden päissä.

ruuansulatuselimistö, *digestion system*
Ruuansulatuskanavan ja -rauhasten muodostama kokonaisuus.

rypälesokeri, *glucose*
Ks. glukoosi.

S

saalistus, *predation*
Kahden lajin välinen suhde, jossa saalistaja käyttää toisen lajin eläviä yksilöitä ravintonaan.

saariteoria, *island theory*
Saarten lajimäärät ovat suoraan verrannollisia saarten kokoon ja kääntäen verrannollisia niiden etäisyyteen leviämiskeskuksista.

saaste, *pollutant*
Ihmisen toiminnan tuottama, pysyvä tai hitaasti hajoava, ympäristöön kertyvä, terveydelle haitallinen tai ympäristöä pilaava aine.

sairaalabakteeri-infektio, *nosocomial infection*
Sairaalassa saatu bakteeri-infektio, jonka aiheuttaja on tavallisesti vastustuskykyinen useita antibiootteja vastaan esim. MRSA-bakteeri (metisilliiniresistentti *Staphylococcus aureus*).

sakkaroosi, *sucrose*
Ruokosokeri, glukoosista ja fruktoosista muodostunut makea disakkridi, ”tavallinen sokeri”.

samansyntyinen (homologinen) rakenne, *homologous structure*
Sellainen rakenne, jonka toiminta tai tehtävä on erilainen, mutta joka on kehittynyt samasta perusrakenteesta. Esimerkiksi linnun siipi ja valaan evä.

samantoiminen (analoginen) rakenne, *analogous structure*
Sellainen rakenne, jolla on sama tehtävä mutta evoluutiivisesti erilainen alkuperä. Esimerkiksi linnun ja perhosen siipi.

samaperintäinen, *homozygote*
Ks. homotsygootinen.

sammunut geeni, *fossil gene*
Jollain eliölajilla tavattava ”fossiilinen” geeni. Se ei ole kyseisellä lajilla enää missään sen elämänsäkaaren vaiheessa toiminnassa. Samaa geeniä voidaan kuitenkin tavata aktiivisena muilla eliölajeilla.

sappi, **sappineste**, *bile acid*
Maksan erittämä ruuansulatusneste, joka sisältää mm. sappisuoloja. Sappisuolat muuttavat rasvoja niin, että haiman ja suolinesteen entsyymit pystyvät pilkkomaan ne.

sappirakko, *gall bladder*
Sappinestettä varastoiva kalvon muodostama rakko maksan vieressä.

SARS, *Severe Acute Respiratory Syndrome*
Muuntuneen koronaviruksen aiheuttama hengitysteiden infektiosairaus.

sarveiskalvo, *cornea*
Silmän etuosaa peittävä läpinäkyvä kalvo.

sateenvarjolaji, *umbrella species*
Eliölaji, jonka ympäristövaatimukset ovat sellaiset, että sen suojele edistää muidenkin lajien elämää. Esim. valkoselkätikan elinympäristössä elää muita suojelemaan arvoisia lajeja.

sattuma, *chance*
Erityisesti pienissä populaatioissa havaittava ilmiö, jonka vaikutuksesta populaation geenikoostumus muuttuu sattumanvaraisesti.

satunnaisajautuminen, *genetic drift*
Ks. geneettinen ajautuminen.

sauvasolut, *rods*
Silmän verkkokalvon aistisolut, jotka mahdollistavat hämäränäön, mutta antavat vain mustavalkoisen kuvan.

savusumu, *smog*
Ilmansaasteiden aiheuttama haitallinen tila, esim. Kiinan suurkaupungeissa. Autojen pakokaasut ja ilman kosteus reagoivat auringonvalon vaikutuksesta ja muodostuu saastesumua.

sekovarsi, *thallus*
Tyypillinen monisoluisille leville ja maksasammalille, ei voida erottaa erillisiä kasvin osia, kuten juurta, vartta tai lehtiä.

sekundaarirakenne, *secondary structure*
Proteiinien sekundaarirakenne tarkoittaa aminohappoketjun kiertymistä tai laskostumista.

sekundaarituotanto, *secondary production*
Ks. jatkoituotanto.

sekvensointi, **sekvenointi**, *sequencing*
Nukleiinihappojen emäsjärjestyksen tai proteiinien aminohappojärjestyksen selvittäminen.

sekvenssi, *sequence*
Nukleiinihappojen emäsjärjestys tai proteiinien aminohappojärjestys.

selkärangattomat, *invertebrates*
Yhteisnimitys niille eläimille, joilla ei ole sisäistä tukirankaa, esimerkiksi hyönteiset ja nivelmadot.

selkärangaiset, *vertebrates*
Selkäjänteellisten alajakso, johon kuuluvilla eläimillä on luusta muodostunut pääkallo ja nikamien muodostama selkäranka. Selkärangaksiin kuuluvat ympyräsuiset, rustokalat, luukalat, sammakkoeläimet, matelijat, linnut ja nisäkkäät.

selkäydin, *spinal cord*
Selkäydinkanavassa oleva keskushermoston osa.

selluloosa, *cellulose*
Polysakkarideihin kuuluva hiilihydraatti, muodostuu monista glukoosimolekyyleistä. Esimerkiksi kasvisolun soluseinä koostuu selluloosasta.

sensorinen hermosto, *sensory nervous system*
Ääreishermoston osa, joka koostuu aistinsoluista keskushermostoon informaatiota tuovista tuntohermoista.

sentrifugi, *centrifuge*
Laite, jolla voimakkaan pyörimisliikkeen ja siitä aiheutuvan keskeisvoiman ansiosta voidaan erottaa koeputkessa olevista näytteistä erikokoisia hiukkasia. Esim. solun erikokoiset rakenneosat erotellaan sentrifugin avulla.

sentrioli, *centriole*
Ks. keskusjyvänen.

sentromeeri, *centromere*
Kahdentuneen kromosomin keskikohta, johon kromosomin sisä-kromatidit kiinnittyvät. Tumanjakautumisessa sukkularihmat kiinnittyvät sentromeeriin.

sepelvaltimo, **sydänvaltimo**, *coronary artery*
Aortasta haaroittuva valtimo, joka kuljettaa sydänlihakselle happea ja ravintoa.

seulontatutkimus, *screening*
Taudinkantajien löytämiseen tähtäävä joukkotutkimus.

siamilaiset kaksoiset, *siamese twins*
Syntyvät, jos varhainen alkio jakautuu osittain kahtia.

side- ja tukikudos, *connective tissue*
Kudostyyppi, johon kuuluvat varsinainen sidekudos, rustokudos, luukudos, rasvakudos sekä veri- ja immuneste.

siemen, *seed*
Siemenkasveilla hedelmöittyneestä munasolusta kehittynyt rakenne, johon kuuluvat alkio, vararavinto alkion kasvua varten ja niitä ympäröivä siemenkuori.

siemenkasvit, *seed plants*
Kasveja, jotka lisääntyvät siementen avulla. Siemenkasveihin kuuluvat paljassiemeniset ja koppisiemeniset.

siemenneste, *sperma*, *semen*
Rakkula- ja eturauhasen eritteestä koostuva neste, jonka mukana siittiöt poistuvat siemensyöksyssä.

sienet, **sienikunta**, *fungi*
Yksi eliömaailman tumallisten eliöiden kunnista. Toisenvaraisia, yksi- tai monisoluisia, soluseinä koostuu kitiinistä.

sienijuuri, *mycorrhiza*
Mykorritsa, kasvin juuriston ja sienirihmaston muodostama kokonaisuus, jonka kautta kasvi ja sieni elävät mutualistisessa, molempia hyödyttävässä vuorovaikutussuhteessa.

sietoisuus, *tolerance*
Eliön kyky kestää ympäristötekijöiden vaihtelua.

signaali, *signal*
Eläinlajille tyypillinen, synnynnäinen ominaisuus (ääni, rakenne, värikuvio, käyttäytymistapa), joka antaa ärsyksen toisille saman lajin yksilöille, joskus myös eri lajin yksilöille.

siirtogeeninen eliö, *transgenic organism*
Muuntogeeninen eliö, johon on geeniteknisesti siirretty vieras geeni.

siirtäjä-RNA, **s-RNA**, *transfer-RNA*, *tRNA*

Pieni RNA-molekyyli, jota tarvitaan proteiinisynteesissä käännettäessä ”emäskieleltä aminohappokielelle”. Siirtäjä-RNA:n toisessa päässä on kohta, johon vain tietty aminohappo kykenee sitoutumaan ja toisessa päässä on vastinemäskolmikko, joka kykenee sitoutumaan emäspariperiaatteen mukaisesti lähetti-RNA:n emäskolmikkoon.

siirtymä (translokaatio), *translocation*
Kromosomimutaatio, jossa yksi tai useampia geenejä on siirtynyt kromosomista toiseen.

siittiösolu, **siittiö**, *sperm*
Miehen sukusolu, jossa on häntä liikkumista varten ja jonka pään sisällä on kromosomit sisältävä tuma.

sikiö, *fetus*
Yksilön kehitysvaihe yhdeksänneestä hedelmöityksen jälkeisestä viikosta syntymään saakka.

sikiödiagnostiikka, *embryo diagnostics*
Tutkimus, jonka avulla selvitetään sikiön perinnöllisen taudin tai sikiöaurion mahdollisuutta. Sikiödiagnostiikan keinoja ovat ultraäänitutkimus, lapsivesi- ja istukkatutkimus sekä geenitestit.

sikiökalvot, *fetal membranes*
Sikiönkehityksen aikaisia kalvoja, joiden tehtävänä on suojata sikiötä ja huolehtia sen ravitsemuksesta.

sikiövesi, **lapsivesi**, *amniotic fluid*
Sisimmän sikiökalvon, vesikalvon, sisällä oleva neste, jonka tehtävänä on suojata sikiötä ja estää sitä kuivumasta.

sileä lihas, *smooth muscle*
Lihaskudos, joka koostuu sileästä lihaskudoksesta. Sileässä lihaskudoksessa lihassolut ovat lyhyitä ja sukkulamaisia, yksitumaisia, eikä rakenteessa erotu aktiini- ja myosiiniproteiinien muodostamaa poikkijuovaisuutta. Supistuminen on tahdosta riippumatonta.

silmukointi, *budding*
Lisääntymistapa, jossa emoyksilön pintaan kehittyy silmuja, jotka kehittyvät uusiksi yksilöiksi ja irtoavat tai jäävät kiinni emoyksilöön. Tavataan mm. hiivoilla, kasveilla ja polttiaiseläimillä.

silmukointi, **pujonta**, *splicing*
Tumassa tapahtuva intronijaksojen poistaminen esiaste-RNA:sta ja eksonien yhteenliittäminen lopulliseksi lähetti-RNA:ksi. Silmukointiin osallistuu lukuisia proteiineja.

simpukka, *cochlea*
Muodoltaan kiertäinen (kotiloa muistuttava) sisäkorvan osa, jossa kuulemiseen tarvittavat aistisolut ovat.

sinibakteeri (sinilevä), *cyanobacteria*
Ks. syanobakteeri.

sinussolmuke, *sinoatrial node*
Oikean eteisen seinämässä oleva soluryhmä, jonka tuottamat impulssit pitävät yllä sydämen normaalia rytmiä.

sirppisoluanemia, *sickle-cell anaemia*
Joillakin alueilla Afrikassa esiintyvä, pistemutaation aiheuttama periytyvä anemia, jossa punasolut ovat sirpin muotoisia. Mutatoitunut geeni aiheuttaa homotsygoottina kuoleman, mutta heterotsygooteilla on parempi kyky kestää malariaa.

siru, **DNA-siru**, **geenisiru**, **mikrosiru**, **DNA-lastu**, *chip*, *DNA-array*
Lasinen tai muovinen pieni levy, johon sijoitetaan tutkittavaksi ja tunnistettavaksi jopa kymmeniä tuhansia erilaisia DNA- tai vastin-DNA-paloja (geenejä).

sisarkromatidi, *sister chromatid*
Saman kromosomin kahdentumisen seurauksena syntyneet identtiset kromatidit eli DNA- juosteet.

sisäinen hedelmöitys, *internal fertilization*
Siittiö- ja munasolun yhdistyminen tapahtuu naaraan sukupuolielimistössä. On esimerkiksi linnuilla ja nisäkkäillä.

sisäinen kuormitus, *internal load*
Vesistöjen, kuten Itämeren, pohjaan kertyneet ravinteet voivat olosuhteiden muuttuessa muuttua uudelleen liukoiseen muotoon, jolloin ne ovat yhteyttävien eliöiden käytössä, ja lisäävät täten vesistön ravinnekuormitusta.

sisäsiittoisuus, *inbreeding*
Keskenään lisääntyvät yksilöt ovat läheistä sukua toisilleen. Lisää haitallisten ominaisuuksien periytymistodennäköisyyttä ja vähentää perinnöllistä muuntelua. Ks. myös sukusiitos.

sitruunahappokierto, *citric acid cycle*

Soluhengitykseen kuuluva reaktiosarja, joka tapahtuu mitokondrioissa tai bakteereilla soluliman kalvostoissa. Kierto alkaa glykolyysissä syntyneestä pyruvaatista, joka yhtyy koentsyymi A:han. Seuraavissa reaktioissa vapautuu hiilidioksidia ja vetyioneja. Ne liittyvät vedynsiirtäjiin, jotka osallistuvat sitruunahappokiertoa seuraavaan elektroninsiirtoketjuun. Elektroninsiirtoketjussa vety hapettuu vähitellen ja samalla energiaa sitoutuu ATP-molekyyleihin. Reaktion lopputuloksena syntyy vettä.

S-käyrä, *S-shaped growth curve*

Populaation todellista kasvua kuvaava käyrä, jossa on huomioitu ympäristön vastus.

soidin, *courtship*

Usein eläinten pariutumista edeltävät soidinmenot, joiden tarkoituksena on varmistaa samaan lajiin kuulumisen ja lisääntymiskumppanin sopivuus.

soikea rakkula, *utricle*

Sisäkorvassa oleva, nesteen täyttämä kalvopussi, jonka seinämässä on aistisoluja. Pyöreän ja soikean rakkulan avulla aistitaan pään asentoa ja kiihtyvää suoraa liikettä.

sokea täplä, *blind spot*

Verkkokalvon kohta, josta näköhermo alkaa ja jossa ei siksi ole aistisoluja.

solu, *cell*

Eliöiden pienin, elävä, toiminnallinen yksikkö. Kykenee aineenvaihduntaan, kasvuun ja lisääntymiseen.

soluelin, *organelle*

Solun rakenneseosa, joka on erikoistunut hoitamaan tiettyä tehtävää solussa. Esimerkiksi viherhiukkanen, mitokondrio, ribosomi.

soluhengitys, *cell respiration*

Reaktiosarja, jossa ravintoaineiden kemiallisissa sidoksissa oleva energia vapautuu hapen läsnä ollessa ja sitoutuu ATP-molekyyleihin ja siten solujen käyttöön. Soluhengitys voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: anaerobinen glykolyysi, sitruunahappokierto ja elektroninsiirtoketju.

solukalvo, *cell membrane, plasma membrane*

Puoliläpäisevä kalvo solun ympärillä. Se koostuu kahdesta fosfolipidikerroksesta ja siihen liittyvistä kalvoproteiineista, kolesterolista ja hiilihydraateista. Solukalvo säätelee ravintoaineiden, ionien, eritteiden ja erilaisten viestiaineiden kulkua solun sisään ja solusta ulos. Kalvolla olevat proteiinit voivat toimia myös reseptoreina solujen välisessä kemiallisessa viestinnässä.

solukko, *tissue*

Monisoluisien kasvien samankaltaisten solujen muodostama toiminnallinen kokonaisuus. Eläimillä vastaava rakenne on kudus.

solukkoviljely, *tissue culture*

Kasvisolujen viljelyä viljelynesteeissä steriileissä olosuhteissa. Solukkoviljelyn avulla kasvatetut kasvit ovat perimältään samanlaisia kuin emokasvi eli klooneja. Eläimillä vastaavaa menetelmää kutsutaan kudosisviljelyksi.

solulima, *cytoplasm*

Solun sisällä oleva nestemäinen osa, jossa soluelimet sijaitsevat. Solulima koostuu pääosin vedestä, minkä lisäksi siinä on proteiineja, hiilihydraatteja, RNA:ta ja epäorgaanisia ioneja.

solulimakalvosto, *endoplasmic reticulum*

Solulimassa oleva sokkeloinen, rakkulainen ja putkimainen jatkuvasti muuttuva kalvorakenne, jolla on tärkeä tehtävä aineiden valmistamisessa ja kuljettamisessa. Solulimakalvostossa valmistetaan, muokataan ja kuljetetaan lipidejä ja proteiineja. Osaan kalvoston seinämistä on kiinnittynyt ribosomeja, jolloin sitä kutsutaan karkeaksi solulimakalvostoksi.

soluneste, *cell sap*

Erityisesti vanhemmissa kasvisoluissa vakuolien sisältämä neste, jossa on veteen liuenneena epäorgaanisia ja pienimolekyylisiä orgaanisia aineita.

solun tukiranka, *cytoskeleton*

Proteiinisäikeistä ja putkista muodostunut soluliman säiemäinen rakennelma. Solun tukiranka mahdollistaa solun, soluelinten ja kromosomien liikkeen sekä määrää eläinsolun muodon.

soluseinä, *cell wall*

Useimpien kasvisolujen ja sienisolujen uloin kerros solukalvon ulkopuolella. Se koostuu pääasiassa kasveilla selluloosasta, sienillä kitiinistä ja bakteereilla mureiinista. Soluseinä tukee ja suojaaa solua ja erottaa ne toisistaan.

solusyönti, *endocytosis*

Ks. endosytoosi.

soluväliaine, *extracellular matrix*

Eläinsolujen ympärillä ja väleissä oleva kollageenia sisältävä tukiaine, veressä ja imunesteessä se on nestemäistä.

somaattinen hermosto, *somatic nervous system*

Tahdosta riippuvainen hermosto, johon kuuluvat luustolihasiin menevät liikehermot sekä muualta kuin sisäelimestä tulevat aistinhermot

somaattinen mutaatio, *somatic mutation*

Mutaatio, joka tapahtuu muissa kuin ituradan soluissa.

sopeutuminen, *adaptation*

Evoluution myötä tapahtuvaa erilaisiin ympäristöoloihin mukautumista. Sopeutumiskyvyn ansiosta eliöt selviytyvät erilaisissa ja muuttuvissa ympäristöissä.

sopeutumislevittäytyminen, *adaptive radiation*

Samaa alkuperää olevan eliöryhmän evolutiivinen erilaistuminen ja sopeutuminen useisiin ekologiisiin lokeroihin, joka johtaa suhteellisen lyhyessä ajassa useiden uusien ryhmien ja lajien syntyyn.

steriili, *sterile*

Lisääntymiskyvytön, hedelmätön eliö ja myös hyvin puhdas mikrobeja sisältämätön ympäristö, aine tai esine, esim. petrimalja tai leikkausinstrumentti.

steroidit, *steroids*

Lipidiyhdisteitä, joita ovat esimerkiksi eläinten sukupuolihormonit.

stressi, *stress*

Fyysisen tai psyykkisen rasituksen aiheuttama reaktio elimistössä. Stressissä elimistön hermostollinen ja hormonaalinen säätely muuttuvat. Solutasolla stressi näkyy entsyymiaktiivisuuden muutoksena ja solurakenteita suojaavien stressiproteiinien muodostumisena.

substraatti, *substrate*
Aine, johon entsyymi vaikuttaa.

suksessio, **suksessio**, *succession*
Alueen eliöyhteisön, lähinnä kasvillisuuden, lajikoostumuksen vähittäinen, luonnonvarainen ja ajallinen muuttuminen.

suku, *genus*
Eliökunnan luokittelussa käytetty yksikkö, joka osoittaa samaan sukuun kuuluvat lajit.

sukupolvenvuorottelu, *alternation of generations*
Alkeellisilla eläimillä ja useilla kasveilla tavattava suvuttomasti ja suvullisesti lisääntyvän vaiheen vuorottelu.

sukupuoleen kytkeytynyt, *sex linked*
Sukupuolikromosomeihin liittyvä periytyminen, esim. punavihersokeus ja hemofilia X-kromosomissa.

sukupuolijakauma, *sex ratio*
Populaation sukupuolten yksilömäärien suhde (yleensä koiraiden määrä / naaraiden määrä).

sukupuolikromosomi, *sex chromosome*
Eläimen sukupuoleen vaikuttava kromosomi. Esimerkiksi nisäkkäillä x- ja y-kromosomit

sukupuutto, *extinction*
Lajin, suvun tms. häviäminen viimeisen yksilön kuollessa.

sukupuuttoaalto, **massasukupuutto**, *mass extinction*
Ajanjakso, jolloin lajeja kuolee sukupuuttoon hyvin runsaasti.

sukupuuttovelka, *extinction debt*
Lajien reagoiminen viiveellä ympäristön negatiivisiin muutoksiin.

sukusiitos
Ks. sisäsiitos.

sukusolu, **sukupuolisolu**, *gamete*
Tumallisten eliöiden lisääntymissoluja, jotka syntyvät meioosin tuloksena. Nisäkkäillä koiraspuolisia sukusoluja kutsutaan siittiöiksi ja naaraspuolisia munasoluiksi.

suljettu käyttö, *closed use*
Geeniteknologian hyväksikäyttöä, jossa prosessien lopputuotteissa ei ole muuntogeenisiä eliöitä. Suljettua käyttöä on esimerkiksi lääkeaineiden tai teollisuusentsyymien valmistaminen suurissa fermentoreissa.

suodattuminen, *filtration*
Munuaiskeräessä veriplasmaa suodattuu korkean verenpaineen avulla nefronin koteloon, jolloin muodostuu alkuvirtsaa.

suomalainen tautiperintö, *Finnish disease heritage*
Suomalaisten keskuudessa poikkeuksellisen runsaina esiintyvien, yhden geenin aiheuttamien sairauksien joukko. Periytyvät yleensä resessiivisesti.

Suomi-siru, *Finn chip*
Geenitesti, jolla voidaan etsiä samanaikaisesti useita suomalaisen tautiperinnön geenejä.

suonikalvo (silmän), *choroid*
Silmän verkko- ja kovakalvon välinen kalvo, jossa on runsaasti verisuonia ja väriainetta.

suonikalvo, **herakalvo**, *chorion*
Vesikalvon ulkopuolella oleva sikiökalvo.

supermyrkky, *superpoison*
Erityisen myrkyllinen kemikaali, joka jo vähäisenä määränä riittää tuhoamaan eliön. Supermyrkky voi olla peräisin elollisesta luonnosta, kuten eräät bakteerien tuottamat myrkyt, tai ne voivat olla ihmisen valmistamia, kuten klooratut dioksiinit.

surkastuma, *rudiment*
Eliön evoluution aikana merkityksensä menettänyt elin tai ruumiinosa. Esimerkiksi ihmisen häntäluu.

suuntaava valinta, *directional selection*
Etenkin muuttuvassa ympäristössä ilmenevä luonnonvalinnan muoto, jossa valinta suosii tietyn ominaisuuden jompaakumpaa ääripäätä ilmentäviä populaation yksilöitä. Ks. valinta.

suvullinen lisääntyminen, *sexual reproduction*
Suvullinen lisääntyminen tapahtuu sukusolujen eli siittiöiden (kasveilla siitepölyhiukkasten) ja munasolujen avulla.

suvuton lisääntyminen, *asexual reproduction*
Kasvullinen lisääntyminen eli ilman sukusoluja tapahtuva lisääntyminen. Tavallista monilla kasveilla rönssyjen, maavarren tai pistokkaiden avulla.

syanobakteerit, *cyanobacteria*
Alkeiselioihin kuuluva esitumallinen eliöryhmä. Ne ovat omavaraisia ja ne yhteyttävät fotosynteesin avulla. Aiemmin niistä on käytetty yleisesti nimitystä sinilevät.

sydän, *heart*
Rytmiikkäästi supistuva elin, joka toimii verenkiertoelimistön pumppuna.

sydänlihas, *cardiac muscle*
Sydänlihaskudos muodostuu sydänlihassoluista, joissa on yksi tai kaksi tumaa. Solut ovat poikkijuovaisia ja ne muodostavat verkkomaisen rakenteen, jossa sähköinen ärsytys leviää nopeasti. Sydänlihas supistuu rytmisesti.

syke, *heartbeat, heart rate*
Sydämen sykintätaajuus lyönteinä minuutissa. (vrt. pulssi)

symbioosi, *symbiosis*
Kahden tai useamman eliölajin yhdyselämä tai kiinteä vuorovaikutussuhde. Usein symbioosiksi sanotaan kuitenkin vuorovaikutusta, josta osapuolet hyötyvät, vrt. mutualismi.

sympaattinen hermosto, *sympathetic nervous system*
Autonomisen hermoston osa, joka esimerkiksi stressitilanteessa kiihdyttää verenkiertoa ja hidastaa suolen toimintaa.

synapsi, *synapse*
Hermosolun viejähaarakkeen ja toisen hermosolun tuojahaarakkeen tai solukeskuksen välinen liitos. Sen kautta hermoimpulssi siirtyy tai on siirtymättä solusta toiseen.

synnynnäinen immunitaetti, *hereditary immunity*
Elimistön valikoimaton puolustautuminen taudinaiheuttajia vastaan, joka perustuu syöjäsolujen toimintaan.

synteettinen evoluutioteoria, *synthetic evolution theory*
Darwinismin pohjalta kehitetty evoluutiokäsitys, johon on yhdistetty perinnöllisyystieteen ja populaatiogenetiikan tutkimustulokset.

syntyvyys, birth rate, natality

Syntyneiden jälkeläisten määrä suhteutettuna populaation kokoon tietyssä ajassa. Ilmaistaan ihmiskokoonpanossa usein syntyneinä tuhatta kohti (promilleina).

syryjättävän kilpailun periaate,

competitive exclusion principle

Samassa ekologiserossa ei voi elää kahta lajia, vaan kilpailukykyisempi syryjättää heikomman.

systeembilogia, systems biology

Liittää tietotekniikan biologiseen tietoon tarjoten mahdollisuuden nähdä ja käsitellä biologisia kokonaisuuksia. Systeembilogia tarkastelee geenejä ja niiden tuottamia proteiineja sekä proteiinien vaikutuksia toisiinsa ja ympäristöön. Olennaista on systeemien matemaattinen mallintaminen.

systole, systole

Sydämen supistusvaihe, jolloin kammiot supistuvat, ja veri työntyy aorttaan ja keuhkovaltimoon. Supistusvaiheen aikaista valtimoverenpainetta kutsutaan systoliseksi verenpaineksi.

sytokiinit, cytokines

Immuunijärjestelmän solujen, erityisesti auttaja-T-solujen, tuottamia viestiaineita, jotka lisäävät imusolujen jakautumista ja erilaistumista sekä tehostavat makrofagien solusyöntiä.

sytokiniinit, cytokinins

Kasvihormoneja, jotka edistävät kasvua, solujen jakautumista, siementen itämistä sekä solukoiden erilaistumista solukkovaljelmisissä.

sytsiini, cytosine

Yksi nukleiinihappojen (DNA ja RNA) neljästä emäsosasta.

syöpä, cancer

Pahanlaatuinen, syöpäsoluista muodostuva kasvain, joka aiheuttaa syöpätaudin. Syöpäsolut voivat levitä veren ja imunesteen mukana eri puolille elimistöä ja muodostaa etäpesäkkeitä eli metastaaseja. Syöpäsoluille on tyypillistä poikkeamat kromosomistossa, kyky tunkeutua kudoksiin ja nopea jakautuminen.

syöpägeeni, oncogene

Geeni, joka aloittaa syöpäkasvaimen kehittymisen.

syöttösolut, mast cells

Sidekudoksen solutyyppejä, jota on erityisen runsaasti hiussuonten ympärillä. Syöttösolut erittävät mm. histamiinia ja proteiineja pilkkovia entsyymejä tulehdus- ja allergiareaktioissa.

sädelihas, ciliary muscle

Silmässä oleva rengasmaisen lihas, jonka avulla linssin kuperuutta säädellään ja silmä mukautuu näkemään eri etäisyyksiltä. Ks. mukautuminen.

sähkömagneettinen säteily,

electromagnetic radiation

Säteilyenergia, jota syntyy kemiallisissa reaktioissa, ydinreaktioissa sekä sähkö- ja magneettikentissä. Auringon ydinreaktioista lähtöisin olevan näkyvän valon aallonpituudet ovat välttämättömiä yhteyttävälle kasveille. Lyhytaaltainen sähkömagneettinen säteily sisältää enemmän energiaa kuin pitkäaaltainen.

sähköpulsso

Ks. elektroporaatio.

säteittäissymmetrinen, radially

symmetrical

Eläin tai kasvi, joka voidaan jakaa erisuuntaisilla tasoilla kahteen samanlaiseen osaan. Esimerkiksi meduusa.

säätelyalue, regulatory segment

Geenin luennan aloittamiseen ja luennan säätelyyn osallistuva alue, joka sijaitsee ennen geenin koodaavaa aluetta. Sisältää tehostajajaksoja ja promoottorin.

säätelygeeni, regulator gene

Geeni, jonka tuote säätlee muiden geenien toimintaa.

säätelyproteiini, transcription factor

Tumallisissa soluissa esiintyviä proteiineja, jotka käynnistävät geenin luennan tai estävät sen.

T**takaisinimeytyminen, reabsorption**

Munuaistiehyissä tapahtuva elimistölle tarpeellisten aineiden takaisin otto.

takaisinristeytys, back cross

Ks. testiristeytys.

taksonomia, taxonomy

Biologian ala, joka keskittyy eliöiden tieteelliseen kuvaukseen, nimeämiseen ja luokitteluun.

talamus, thalamus

Väliaivojen keski- ja yläosan käsittävä alue, joka toimii aistinhermoratojen välisemana.

talveentuminen, talveutuminen, cold hardening, frost hardening

Syksyn lähestyessä eliöissä ilmenevä tapahtumasarja, joka valmistaa niitä kestämään alentuvia lämpötiloja.

talvihorros, hibernation

Joidenkin tasalämpöisten eläinten (mm. siilin, lepakoiden) talvehtimistapa, jossa elimistön lämpötila laskee jopa lähelle 0°C. (vrt. kylmänhorros)

talviuni, winter sleep

Joidenkin tasalämpöisten eläinten (esim. karhun) talvehtimistapa, jossa eläin nukkuu syvää unta talven yli. Kudosten aineenvaihdunta hidastuu, mutta elimistön lämpötila laskee vain muutamia asteita.

tapit, tappisolut, cones

Verkkokalvon aistisoluja, joiden avulla nähdään värillinen kuva, mutta jotka vaativat toimiakseen riittävän voimakkaan valon.

“tarrapinta”, “sticky end”

Katkaisuentsyymillä katkaistu DNA:n kaksoisjuoste, jonka päässä on katkaisukohdan epäsymmetrisyydestä johtuen lyhyt yksijuosteinen osuus. Tämä kohta voi liittyä toiseen DNA-molekyylin, joka on katkaistu samalla katkaisuentyymillä ja jossa on siten emäksiltään vastaava yksijuosteinen osuus.

tasalämpöisyys, homiothermy, homeothermy

Eläinten (lintujen, nisäkkäiden) kyky ylläpitää ruumiinlämpöä tietyllä tasolla. Perustuu hermoston ja hormonien avulla tapahtuvaan lämmönsäätelyyn.

tasapainoelin, vestibular organ, equilibrium organ

Sisäkorvan kaarikäytävistä sekä pyöreästä ja soikeasta rakkulasta koostuva elin, jonka avulla aistitaan pään asentoa ja liikkeitä.

tasapainottava valinta, balancing selection

Etenkin vakaassa ympäristössä ilmenevä luonnonvalinnan muoto, jossa valinta suosii tietyn ominaisuuden keskiarvoa ilmentäviä populaation yksilöitä. Ks. valinta.

tasausjako, meioosi 2, 2nd meiotic division

Meioosin toinen vaihe, jonka aikana vähennysjaossa syntyneet kaksi haploidista solua jakautuvat uudelleen ja tuloksena syntyy neljä haploidista solua.

tautimalli, disease model

Muutogeeninen eläin, jolle on geeniteknisesti aiheutettu jokin ihmisen sairaus. Tautimalleja käytetään tautien tutkimuksessa ja hoitomenetelmien kehittämisessä. Ihmisen tauteja tutkitaan useimmiten hiireissä.

tehostajajakso, enhancer

Geenin säätelyalueen jakso, joka pystyy säätelämään geenin luentaa mm. osallistumalla aloittajakompleksiin. Voivat sijaita kaukanakin luettavasta geenistä.

tekijäinvaihdunta,

geenienvaihdunta, crossing over

Meioosin aikana tapahtuva ilmiö, jossa kokonaiset kromosomin palaset voivat vaihtaa paikkaa vastinkromosomien välillä. Samalla näissä kohdissa olevat alleelit siirtyvät vastinkromosomista toiseen. Tällöin eri paloihin joutuvien geenien välinen kytkentä purkautuu.

telomeeri, telomere

Kromosomin pää, joka koostuu lyhyistä DNA:n toistojaksoista. Telomeerit lyhenevät jokaisessa mitoosissa ja kun telomeeri on kulunut kokonaan pois kromosomi alkaa vaurioitua eikä solun jakautuminen enää onnistu.

telomeraasi, telomerase

Entsyy, joka estää telomeerien lyhenemistä ituradan soluissa ja syöpäsoluissa syntetisoimalla uutta telomeeriä.

teollinen bioteknologia,

bioteollisuus, industrial biotechnology

Teollisuutta, jonka tuotteiden raaka-aineena käytetään luonnosta peräisin olevia materiaaleja tai tuotteen valmistuksessa, tuotekehittämisessä sekä tutkimuksessa hyödynnetään bioteknologiaa.

teollisuusmelanismi, industrial melanism

Tummien yksilöiden yleistyminen eläinpopulaatioissa alueilla, joissa tavataan teollisuuden aiheuttamia ympäristömuutoksia (lähinnä ilmaan joutuvia rikki- ja nokipäästöjä).

tertiäärirakenne, tertiary structure

Proteiinin tertiäärirakenne tarkoittaa sen kolmiulotteista rakennetta ("sykkyröitymistä"). Proteiinissa on tällöin silmukoita, poimuja ja lenkkejä, joita tukevat tiettyjen aminohappojen välille syntyvät sidokset. Tertiäärirakenne määrää proteiinin solubiologiset ominaisuudet (esim. entsyyminä).

terveysvaikutteinen elintarvike, funktionaalinen elintarvike, functional food

Tavalliseen ruokavalioon kuuluva elintarvike, johon on lisätty terveyttä edistäviä aineita tai mikrobeja, joilla on tieteellisin tutkimuksin osoitettu olevan myönteisiä vaikutuksia terveyteen.

testiristeytys, back cross

Risteytys, jossa tutkittava yksilö risteytetään P-polven resessiivisen homotsygootin kanssa. Sen avulla selvitetään, onko domionoiva ominaisuutta ilmentävä yksilö hetero- vai homotsygootti.

testosteroni, testosterone

Kivesten välisoluista erittyvä hormoni, joka saa aikaan miehiset sukupuoliominaisuudet.

tiheys, density

Eliöiden yksilömäärä pinta-ala- tai tilavuusyksikköä kohti.

T-imusolut, T-lymfosyytit,

T-lymphocytes, T-cells

Kateenkorvassa kypsyneitä imusoluja, jotka vastaavat soluvälitteisestä spesifisestä immuniteetistä. T-solut joko tuhoavat haitallisia soluja tai soluja, joiden sisällä on viruksia (tappaja-T-solut) tai auttavat muita puolustusjärjestelmän soluja (auttaja-T-solut).

toimintajännite, action potential

Hermosolun solukalvon sisä- ja ulkopuolen välisen sähköisen jännitteen hetkellinen muutos, joka aiheutuu ärsykkeen seurauksena tapahtuvasta muutoksesta solukalvon läpäisevyydessä.

toisenvaarainen, heterotrophic

Ks. heterotrofi.

toisiohäpetti, second messenger

Yhdiste, joka välittää solukalvoon kiinnittyneen hormonin tai muun viestimolekyylin viestin edelleen solun sisälle.

toksiini, toxin

Mikrobien, kasvien, sienten tai eläinten tuottama myrkyllinen aine, jonka vaikutus kohdistuu yleensä kilpailijaan, laiduntajaan tai petoon. Esim. homemyrkyt, bakteerien botuliini.

toistojakso, mikrosatelliitti, toistuvajaksoinen DNA,

microsatellites, repetitive DNA

Tumallisten eliöiden DNA:ssa geenien ulkopuolisilla alueilla esiintyviä lyhyitä 1-5 nukleotidin mittaisia toistuvia jaksoja. Saman lajin eri yksilöillä toistojen määrä vaihtelee tuhansista miljooniin. Toistojaksoja käytetään hyväksi yksilöiden tunnistamisessa ja geneettisessä kartoituksessa.

toleranssi, tolerance

Ks. sietoisuus.

transduktio, transduction

Bakteerien rekombinaatiotapa, jossa bakteriofagi siirtää bakteeri-DNA:ta bakteerista toiseen.

transformaatio, transformation

Bakteerien rekombinaatiotapa, jossa bakteerisolun ottaa sisäänsä kuolleen bakteerin kromosomipalasia tai kokonaisia plasmideja.

transkriptio, RNA-synteesi, geenin luenta, transcription

DNA:n kopioiminen esiaste-RNA:ksi. Kopioimisen suorittaa RNA-polymeraasientsyymi. Laajemmassa mielessä transkriptioon voidaan katsoa kuuluvaksi myös esiaste-RNA:n silmukointi lähetti-RNA:ksi.

translaatio, translation

Tapahtumasarja, jossa ribosomi rakentaa aminohappoketjun lähetti-RNA:n sisältämän koodin mukaisesti. Aminohapot järjestetään siirtäjä-RNA-molekyylien avulla oikeaan järjestykseen. Aminohapot liittyvät toisiinsa peptidisidoksin.

transposoni, transposon

Ks. hyppivä geeni.

triglyseridi, triglyceride

Rasvoja, jotka ovat muodostuneet glyserolimolekyylin ja kolmen rasvahappomolekyylin reagoidessa. Suurin osa ravinnon rasvoista on triglyseridejä.

trisomia, trisomy

Ylimääräisen kromosomin esiintyminen diploidisessa kromosomistossa. Downin oireyhtymän aiheuttaa 21. kromosomin trisomia.

trofiataso, trophic level

Ravintoketjun tai -pyramidin taso, joka määräytyy ravinnonsaannin perusteella: 1. tason muodostavat ekosysteemin tuottajat, 2. tason kasvinsyöjät, 3. tason kasvinsyöjiä syövät pedot jne.

trombiini, thrombin

Veriplasmassa oleva aine, joka saa aikaan fibrinogeenin muuttumisen säikeiseksi fibriniiksi. Tärkeä veren hyytymisessä.

tsygootti, zygote

Hedelmöittynyt munasolu.

tukikudos, connective tissue

Eläinten kudostyyppi. Voidaan jakaa side-, rusto- ja luukudokseen.

tukisolukko, supporting tissue

Kasvien solukkotyyppi, joka koostuu paksuseinäisistä soluista. Sen tehtävänä on kasvin tukeminen.

tulehdusreaktio, inflammation

Elimistön immuunijärjestelmän reaktio vaurioon tai mikrobi-infektioon.

tulokaslaji, invasive species

Ks. vieraslaji.

tuma, nucleus

Tumallisen solun suurikokoinen soluelin, jota ympäröi tumakotelo. Tuman sisällä on DNA:sta ja proteiineista muodostuneita kromosomeja, joissa geenit sijaitsevat.

tumahuokonen, nuclear pore

Tumakotelossa oleva, proteiinien muodostama aukko, jonka kautta molekyylejä siirtyy tumaan ja sieltä pois.

tumajyvänen, nucleolus

Tuman sisällä oleva soluelin, jossa muodostuu RNA-nukleotideja.

tumakotelo, nuclear envelope

Tuman ympärillä oleva kaksikerroksinen kalvorakenne.

tumallinen, eukaryootti, eukaryotic

Solu, jossa on tumakotelon rajaama tuma. Tumallisia eliöitä ovat alkueliöt, kasvit, sienet ja eläimet.

tumansiirto, nuclear transplantation

Eläinten kloonauksessa käytettävä menetelmä, jossa kloonattavan yksilön somaattinen solu yhdistetään sähköpulssein avulla munasoluun, jonka tuma on poistettu. Käytetään myös nimeä ”Dollytekniikka” tai ”Roslintekniikka”.

tumasukkula, sukkularihmasto, mitotic spindle

Tumallisissa soluissa olevia proteiinisäikeitä, jotka ohjaavat kromosomien sijoittumista mitoosissa ja meioosissa. Ne myös kiskovat niiden aikana kromatideja tai vastinkromosomeja jakautuvan solun päihin. Säikeet kiinnittyvät kromosomien sentromeereihin. Kolkisiinikäsittely tuhoaa tumasukkulan.

tuntoaivokuori (somatosensorinen aivokuori), somatic sensory cortex

Ihon, limakalvojen, jänteiden ja lihasten aistimista tulevia impulsseja käsittelevä aivokuoren alue.

tuntohermo, sensory nerve

Aistielimistä keskushermostoon viestejä välittävä hermo.

tuojahaarake, dendriitti, dendrite

Hermosolun solukeskukseen päin sähköisiä viestejä välittävä, yleensä lyhyt ja runsaasti haaroittunut hermosolun osa.

tuotantopyramidi, production pyramid

Ks. ekologinen pyramidi.

tuottaja, producer

Eliö (kasvi, levä, bakteeri), joka yhteyttämällä muodostaa elollista biomassaa elottomista aineista. Vrt. omavarainen.

typen kierto, nitrogen cycle

Typen kiertokulku eliöissä, maaperässä, vesissä ja ilmakehässä. Hajottajat muuttavat orgaaniset typpiyhdisteet, kuten proteiinit, epäorgaanisiksi nitraateiksi ja nitriiteiksi, joita yhteyttävät eliöt kykenevät käyttämään. Eräät bakteerit kykenevät sitomaan ilmakehän typpeä.

tyroksiini, thyroid hormone

Kilpirauhasen erittämä hormoni, joka vaikuttaa yksilön kasvuun ja kehitykseen sekä säätelee aineenvaihduntaa.

tytärkromosomi, daughter chromosome

Kromosomin toinen kromatidi, joka on eronnut toisesta tytärkromosomista solunjakautumisen aikana mitoosin ja meioosin toisen jakautumisen jälkivaiheessa (anafasissa).

tytärsolut, daughter cells

Solunjakautumisessa eli joko mitoosissa tai meioosissa emosolusta syntyneet solut (mitoosissa syntyy kaksi solua, meioosissa neljä).

tyvilevy, basilar membrane

Sisäkorvan simpukassa simpukkatiehyen ja kuulokäytävän välinen seinämä, joka liikahtelee äänen värähtelyjen tahdissa.

tyydyttymätön rasvahappo, unsaturated fatty acid

Hiilivetyjen muodostamia pitkäketjuisia yhdisteitä, joiden molekyylissä on yksi tai useampi kaksoissidos.

tyydyttynyt rasvahappo, saturated fatty acid

Hiilivetyjen muodostamia pitkäketjuisia yhdisteitä, joissa on vain yksinkertaisia sidoksia.

tärkkelys, starch

Fotosynteesin lopputuotteena sadoista glukoosiyksiköistä muodostunut polysakkaridi. Tärkkelys on kasvien tärkein varastohiilihydraatti. Sitä on runsaasti esim. perunassa ja viljakasvien jyvissä.

tärykalvo, eardrum, tympanic membrane

Korvakäytävän päässä oleva kalvo, joka värähtelee ilmassa tulevien paineaaltojen vaikutuksesta ja muuttaa ne välikorvassa olevien kuuloluiden liikkeiksi.

täsmälääke, targeted drug

Lääke, joka vaikuttaa vain tiettyyn molekyyliin tai mekanismiin. Täsmälääkkeitä käytetään mm. syöpien hoidossa.

U**uhanalaiset lajit, threatened species**

Eliölajeja, jotka ovat vaarassa hävitä joltakin alueelta tai kuolla sukupuuttoon, yleensä syynä ihmisen toiminta.

ulkoinen hedelmöitys, external fertilization

Siittiö- ja munasolun yhdistyminen tapahtuu naaraan sukupuolielimistön ulkopuolella, tavallisesti vedessä. On esimerkiksi kaloilla ja sammakkoeläimillä.

ulkoinen kuormitus, external load

Järviin tai meriin maalta tulevat vesistöä rehevöittävät ja pilaavat aineet.

umami, umami

Yksi kielen aistimista viidestä perusmausta (suolattoman lihaliemen tai natriumglutamaatin maku).

umpirauhanen, endocrine gland

Hormoneja erittävä rauhanen, josta eritettävä hormoni siirtyy ympäröivään kudostesteeseen ja verenkiertoon. Ihmisen umpirauhasia ovat mm. aivolisäke, kilpirauhanen, lisäkilpirauhanen, lisämunuainen, haiman saarekkeet, munarauhaset, siittiörauhaset ja käpylisäke.

urasiili, uracil

Yksi RNA:n nukleotidien neljästä mahdollisesta emäsosasta.

uuselintarvike, novel food

EU:n novel food-asetuksen määrittelemä elintarvike tai tuote, joka sisältää geeniteknisesti muunneltuja ainesosia.

uusiokäyttö, materials recovery

Hyötyjätteen (esim. jätteenpaperin, lasin, metallin) käyttö raaka-aineena.

uusiutumaton luonnonvara, nonrenewable resource

Rajallinen luonnonvara, joka ei uusiudu kun se kerran on kulutettu loppuun.

uusiutuva luonnonvara, renewable resource

Luonnon biologisessa, kemiallisessa ja fysikaalisessa kiertossa jatkuvasti uusiutuva aine- ja energiavara, kuten biomassa ja vesivoima.

UV-säteily, ultraviolettisäteily, UV radiation

Sähkömagneettisen spektrin osa, jonka aallonpituus on lyhyempi kuin näkyvän aallon. UV-säteily jaetaan yleensä kolmeen alueeseen aallonpituuden perusteella: UVA 315–400 nm, UVB 280–315 nm, UVC 10–280 nm.

V

vaellus, invasion

Eliöiden siirtyminen esimerkiksi ravinnon puutteen takia uudelle alueelle, mikä voi johtaa lajin levinneisyyalueen laajenemiseen.

vaihevuodet, menopause

Naisen sukukypsyyden loppumisvaihe.

vaihtoehtoinen silmukointi, alternative splicing

Tiettyjen eksonien poisjättäminen silmukoinnissa. Näin samasta geenistä voi syntyä erilaisia lähetti-RNA molekyylejä ja sitä kautta erilaisia proteiineja.

vaihtolämpöisyys, poikilothermy

Eläinten ruumiinlämmön vaihtelevuus ympäristön lämpötilan mukaan. Lähes kaikki eläimet ovat vaihtolämpöisiä (poikkeuksina vain linnut ja nisäkkäät).

vaippa, envelope

Isäntäsolun solukalvosta peräisin oleva lipidikalvo, joka ympäröi virusta.

vakuoli, vacuole

Kalvon ympäröimä ja nesteen täyttämä rakkula, joita on runsaasti kasvisoluissa. Vakuoli toimii kasvisolujen tärkeimpänä vesivarastona ja se sisältää veteen liuenneita orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä sekä ioneja.

valinta, luonnonvalinta, (natural) selection

Evoluution prosessi, joka vaikuttaa populaatiossa perintötekijöiden lukusuhteisiin suosimalla kelpoisuudeltaan parhaita yksilöitä ja johtaa niiden perintötekijöiden yleistymiseen. Evoluutiota ohjaava luonnonvalinta voi olla tasapainottavaa, suuntaavaa tai hajottavaa.

valintajalostus, keinovalinta, artificial selection

Ihmisen aikaansaamaa valintaa. Ihmisen mielestä tärkeitä ominaisuuksia ilmentävät yksilöt valitaan jatkamaan sukua. Valintajalostus johtaa samankaltaiseen lopputulokseen kuin luonnon populaatioissa suuntaava valinta. Valinnan avulla ei saada aikaiseksi ominaisuuksiltaan uudenlaisia yksilöitä, vaan se lajittelee jo olemassa olevia ominaisuuksia.

valkosolu, leukosyytti, leucocyte

Verisolu, joka toimii elimistön puolustuksessa. Valkosolut ryhmitellään erilaisiin solutyyppeihin: granulositytit eli jyväsolut, lymfositytit eli imusolut ja monosyytit.

vallitseva ominaisuus, dominant character

Ks. dominoiva alleeli.

valojaksoisuus, fotoperiodisuus, photoperiodism

Eliöiden kasvun ja kehityksen riippuvuus mm. päivän tai yön pituudesta. Kasveilla valojaksoon reagoivana aineena on fytochrome. Kasvit ovat joko lyhyen tai pitkän päivän kasveja tai päiväneutraaleja. Myös eläimillä valojakson pituus vaikuttaa mm. lisääntymistoimintoihin sekä vuodenaikaisiin vaelluksiin.

valoreaktiot, light phases

Fotosynteesin valoa vaativat reaktiot, jotka tapahtuvat ensimmäisinä. Auringon valoenergiaa sitoutuu ATP-molekyyleihin, ja vesi hajoaa vetyioneiksi ja hapeksi.

valtalaji, dominant species

Laji, joka on tietyssä ekosysteemissä muita runsaslukuisempi ja menestyvämpi.

valtimo, artery

Sydäimestä verta pois päin vievä verisuoni.

vapaa radikaali, free radical

Molekyyl, joka reagoi helposti muiden aineiden kanssa ja saa aikaan haitallisia muutoksia esim. solujen rakenteissa.

varhaiset ihmiset, esi-ihmiset, early humans

Apinaihmisten ja nykyihmisen välissä oleva ihmisen kehitysvaihe, jossa aivojen koko oli kaksinkertaistunut apinaihmisiin verrattuna.

varovaisuusperiaate, precautionary principle

Periaate, jonka mukaan ympäristön pilaantumista on ryhdyttävä ehkäisemään vaikka haitallisten ympäristövaikutusten luonteesta ja laajuudesta ei olekaan täyttä varmuutta.

vasta-aine, immunoglobuliini, antibody, immunoglobulin

Immuunijärjestelmän B-solujen tuottama proteiinimolekyyl, joka on spesifisesti muodostunut tiettyä elimistölle vierasta ainetta, antigeeniä, vastaan.

vaste, response

Solun, kudoksen, elimen tai koko elimistön reaktio johonkin ärsykkeeseen. Esimerkiksi tietty hormoni saa aikaan toiminnan muutoksen kohdesolussaan.

vastin-DNA, cDNA,

complementary DNA, cDNA

Lähetä-RNA:sta

käänteiskopioijaensyymien avulla kopioitu DNA, jossa ei ole lainkaan introneita. Tarpeellinen geeniteknikassa.

vastinkromosomit, homologous chromosomes

Molemmilta vanhemmilta perityt samanlaiset kromosomit, jotka muodostavat kromosomiparin.

vedynsiirtäjä, hydrogen carrier molecule

Yhdiste, joka kuljettaa vetyä solujen hapetus-pelkistysreaktioissa, kuten fotosynteesin ja soluhengityksen tietyissä vaiheissa.

vektori, vector

Kuljetin, jonka avulla siirrettävä geeni saadaan perille vastaanottavaan soluun ("geenitaksi"). Useimmin käytetyt biologiset vektorit ovat virukset ja bakteerien plasmidit.

verenkierto, blood circulation

Sen tehtävänä on aineiden kuljetus eläimen eri ruumiinosien ja elinten välillä. Se voi olla avoin, eli kulkee osan ajasta verisuoniston ulkopuolella tai suljettu eli veri kulkee koko ajan suonistossa.

verenkiertoelimistö, circulatory system

Elinjärjestelmä, johon kuuluvat sydän, valtimot, laskimot ja hiussuonet.

verenpaine, blood pressure

Verisuonistossa vallitseva paine, joka valtimoissa vaihtelee sydämen lepoja supistumisvaiheen mukaan.

verihiutale, platelet

Pieni, tumaton verisolu, joka osallistuu veren hyytymiseen tarttumalla vaurioituneeseen kohtaan muodostuneeseen fibrini verkkoon. Syntyvät luuytimessä kurotut jättäiskokoisista soluista.

verinahka, corium

Ihossa orvaskeden alla oleva kerros, joka sisältää runsaasti verisuonia.

veriplasma, veriplasma, plasma

Veren nestemäinen osa. Sisältää esimerkiksi suoloja, proteiineja, ravintoaineita, hivenaineita, vitamiineja, kuona-aineita ja hormoneja.

veritulppa, blood clot

Verenkierron mukana kulkeutunut, esim. sepelvaltimon (tai muun valtimon) haaraan pysähtynyt suonen sisäinen hyytymä.

verkkokalvo, retina

Silmän sisäpintaa verhoava, aistisolujen ja muiden hermosolujen muodostama kerros.

vernalisaatio, keväästäminen

vernalization

Viileän ilmaston kasvien ominaisuus. Monet näistä vaativat kylmän kauden ennen kuin kukkasilmut alkavat kehittyä.

vesikalvo, amnion

Sisin sikiökalvo, jonka sisällä sikiö kelluu sikiövedessä (lapsivedessä).

vetysidos, hydrogen bond

Muodostuu, kun kovalenttisella sidoksella happi-, typpi- tai fluoriatomiin liittynyt vetyatomi sitoutuu toisen molekyylin typpi-, happi- tai fluoriatomiin. Esimerkiksi vesimolekyylin vetyatomin liittyessä toisen vesimolekyylin happiatomiin syntyy vesimolekyylien välille vetysidos.

viejähaarake, axon

Ks. aksoni.

vieraslaji, alien species

Laji, joka ei ole alueella alkuperäinen, vaan tullut ihmisen mukana tahallisesti tai tahattomasti. Tulokaslajilla tarkoitetaan lajia, joka on tullut alueelle melko äskettäin joko itsestään tai ihmisen vaikutuksesta.

viestiaine, signal molecule, signaling molecule

Yhteisnimitys hormoneille, kasvutekijöille, välittäjäaineille ja toisiläheteille, jotka välittävät viestejä solulta toiselle.

viherhiukkanen, kloroplasti,

chloroplast

Kasvisoluissa ja levissä tavattava soluelin, jota ympäröi kaksinkertainen kalvo. Viherhiukkasen sisäpuolella on väriaineita ja lukuisia proteiineja sisältävää yhteyttämiskalvostoa, jossa fotosynteesin valoreaktiot tapahtuvat sekä nesteen täyttämä välitila, jossa tapahtuvat pimeäreaktiot.

virtsa-aine, urea, urea

Aminohappojen hajoamistuotteista muodostunut typpipitoinen yhdiste, joka syntyy maksassa ja kulkeutuu verenkierron mukana munuaisiin, joista poistuu virtsan mukana.

virtsarakko, urinary bladder

Virtsaa varastoiva rakko.

virus, virus

Perintöainesta (joko DNA tai RNA) sisältävä pieni kappale, joka tarvitsee toimiakseen elävän solun.

vitamiinit, vitamins

Orgaanisia yhdisteitä, joita ihmisen ja muidenkin eliöiden elimistön saatava pieniä määriä toimiakseen normaalisti. Rasvaliukoisia: A, D, E ja K, vesiliukoisia B ja C.

vähennysjako, meioosi I, reduction division

Meioosin ensimmäinen vaihe, jonka tuloksena syntyy kaksi kromosomistoltaan yksinkertaista eli haploidia solua.

väistyyvä ominaisuus, recessive character

Ks. resessiivinen alleeli.

väliaivot, diencephalon

Isoaivojen ja keskiaivojen välissä sijaitseva aivojen osa, joka koostuu talamuksesta, hypotalamuksesta sekä kahdesta umpirauhasesta: aivolisäkkeestä ja käpyrauhasesta.

välimuotofossiili, intermediate fossil

Kahden eri eläinryhmän piirteitä sisältävä fossiili. Esimerkiksi varsieväkala, liskolintu.

välimuotoinen periytyminen, intermediaarinen periytyminen, incomplete dominance

Saman geenin kahden eri alleelin vaikutus näkyy yksilössä samanaikaisesti. Kumpikaan alleeleista ei dominoi toista.

välisolut, *Leydig cells*
Siementiehyiden välissä olevat, testosteronia erittävät solut kiveksissä.

välittäjäaine, *neurotransmitter*
Hermoston välittäjäaine siirtää hermosolun viejähaaraketta pitkin tulleen impulssin kemiallisesti seuraavan hermosoluun. Välittäjäainetta eritetään synapsirakoon, jolloin se tarttuu vastaanottavan solun välittäjäainereseptoreihin. Osa välittäjäaineista voi myös ehkäistä impulssin etenemistä. Tärkeitä välittäjäaineita ovat asetyylikoliini, noradrenaliini ja serotoniini.

välivaihe, interfaasi, *interphase*
Solun elämäntierossa jakautumisen välinen aika, jolloin aineenvaihdunta on vilkasta, perintöaines kahdentuu, soluelimet jakautuvat ja solu valmistautuu seuraavaan jakautumiseen.

värikalvo, *iris*
Silmän etuosassa oleva suonikalvon rengasmaisen osa, jonka keskellä on mustuainen eli pupilli. Sileiden lihassolujensa avulla värikalvo voi suurentaa tai pienentää mustuaisen kokoa ja säädellä siten silmään tulevan valon määrää.

värinäkö, *colour vision*
Verkkokalvolla olevien tappisolujen toimintaan perustuva kyky nähdä värejä.

X

X-kromosomi, *X chromosome*
Sukupuolikromosomi, joka ohjaa kaksinkertaisena esiintyessään yksilön kehittymisen naaraaksi.

X-kromosomin inaktivaatio, *X-chromosome inactivation*
Tapahtuma, jossa naarasalkion soluissa toinen X-kromosomi inaktivoituu.

Y

ydinjatke, *medulla oblongata*
Aivosillan ja selkäytimen välissä oleva aivorungon osa, joka säätelee esimerkiksi hengitystä ja verenkiertoa. Suuri osa aivohermoista lähtee ydinjatkeen pohjasta.

ydintuppi (myeliinituppi), *myelin sheath*
Hermosolun viejähaarakkeen päällä oleva hermotukisolujen muodostama kerros, joka nopeuttaa impulssien kulkua.

yhdistelmä-DNA, *recombinant DNA*
Geeniteknisesti tuotettu DNA-molekyyli, johon on liitetty eri alkuperää olevaa DNA:ta.

yhdistelmägeeni, *hybrid gene*
Geeniteknisesti muokattu geeni, jossa voi olla esim. eri lajista peräisin oleva säätelyalue.

yhdistelmäplasmidi, *recombinant plasmid*
Geeniteknisesti muokattu plasmidi, johon on liitetty siirrettävä geeni.

yhteisvallitsevat alleelit, *codominant alleles*
Alleeleita, jotka vaikuttavat yksilön fenotyyppiin itsenäisesti. Heterotsygoottisella yksilöllä kumpikin alleeli saa aikaan oman itsenäisen erillisen piirteen yksilön fenotyyppiin. Esimerkiksi AB-veriryhmän periytyminen.

yhteyttäminen, *assimilation*
Yksinkertaisista epäorgaanisista aineista (esim. CO₂, H₂O, N₂) valmistetaan eliöiden aineenvaihdunnassa monimutkaisia orgaanisia yhdisteitä. Yhteyttämistä ovat fotosynteesi, kemosynteesi ja typen hyödyntäminen.

Y-kromosomi, *Y chromosome*
Koiraiden sukupuolikromosomi eläimillä, joilla koiraan sukupuolikromosomit ovat erilaiset ja naaraan samanlaiset. Y-kromosomissa oleva SRY-geeni käynnistää sukupuolirauhasen erilaistumisen kivekseksi sikiönkehityksen aikana.

yksineuvoinen eliö, *unisexual organism*
Eläin, joka tuottaa joko koiras- tai naaraspuolisia sukusoluja tai sellainen kasvi, jonka kukat ovat joko hede- tai emikukkia. Esimerkiksi kaikki nisäkkäät ovat yksineuvoisia.

ympäristöekologia, *environmental ecology*
Ekologian osa-alue, joka tutkii ihmisen vaikutuksia luonnon ekologiaan prosesseihin.

ympäristömerkki, *ecolabel*
Esimerkiksi pohjoismaiden ympäristömerkki, joutsenmerkki, kertoo, että tuote on ympäristöystävällinen.

ympäristömyrky, *environmental poison*
Kemiallinen aine, joka luontoon leviessään vaurioittaa soluja, vaikuttaa haitallisesti yksilöiden elintoimintoihin ja vahingoittaa ekosysteemin ravintoverkoston rakenteita ja toimintoja.

ympäristön kantokyky, *carrying capacity*
Ympäristöresurssien säätelmä suurin populaatiokoon taso tietyllä alueella tai tietyssä ympäristössä. Populaation kasvu voi ylittää kantokyvyn määrämän rajan vain tilapäisesti.

ympäristön vastus, *environmental resistance*
Yhteisnimitys populaation kasvua hillitseville tekijöille.

ympäristönsuojelu, *environment conservation*
Toimintaa, joka tähtää luonnonvaraisten ekosysteemien suojelemiseen ihmisen aiheuttamilta haitallisilta muutoksilta sekä pyrkii ylläpitämään ihmisen ja luonnon välistä tasapainoa. Ympäristönsuojeluun kuuluvia osa-alueita ovat klassinen luonnonnsuojelu, maisemanhoito, luonnon virkistyskäyttö, ympäristönhoito sekä luonnonvarojen suojeleminen ja hoito.

ympäristöongelma, *environmental problem*
Ihmisen aiheuttama muutosympäristössä, joka koetaan haitaksi.

ympäristöresurssi, *resource*
Ks. resurssi.

ympäristövaikutusten arviointi, **YVA**, *Environmental Impact Assessment*
Etukäteen tehtävä arviointi ympäristöä merkittävästi muuttavasta rakennushankkeesta, ja sen vaikutuksista ihmisten terveyteen, viihtyvyyteen, maisemaan ja luonnon monimuotoisuuteen.

Z

zoonoosi, *zoonosis*

Eläimestä ihmiseen ja päinvastoin siirtyvä tauti, esim. vesikauhu tai pernarutto.

Ä

ärsyke, *stimulus*

Reaktion aiheuttava fysikaalinen tai kemiallinen tekijä, joka saa aikaan reaktion esim. aistinsolussa tai hermosolussa.

ääreishermosto, *peripheral nervous system*

Hermoston osa, joka käsittää aivohermot, selkäydinhermot ja autonomisen hermoston hermot.

alkava emäs		keskimmäinen emäs				
		A	G	T	C	
	A	fenyyialaniini	seriini	tyrosiini	kysteiini	A
		fenyyialaniini	seriini	tyrosiini	kysteiini	G
		leusiini	seriini	lopetus	lopetus	T
		leusiini	seriini	lopetus	tryptofaani	C
	G	leusiini	proliini	histidiini	arginiini	A
		leusiini	proliini	histidiini	arginiini	G
		leusiini	proliini	glutamiini	arginiini	T
		leusiini	proliini	glutamiini	arginiini	C
T	isoleusiini	treoniini	asparagiini	seriini	A	
	isoleusiini	treoniini	asparagiini	seriini	G	
	isoleusiini	treoniini	lysiini	arginiini	T	
	metioniini	treoniini	lysiini	arginiini	C	
C	valiini	alaniini	asparagiinihappo	glysiini	A	
	valiini	alaniini	asparagiinihappo	glysiini	G	
	valiini	alaniini	glutamiinihappo	glysiini	T	
	valiini	alaniini	glutamiinihappo	glysiini	C	

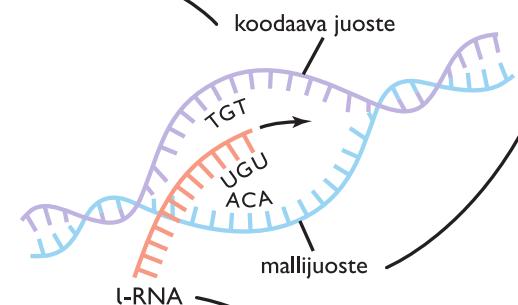
lopetettava emäs					
------------------	--	--	--	--	--

DNA:n mallijuosteen emäskolmikkoja vastaavat aminohapot

alkava emäs		keskimmäinen emäs				
		T	C	A	G	
	T	fenyyialaniini	seriini	tyrosiini	kysteiini	T
		fenyyialaniini	seriini	tyrosiini	kysteiini	C
		leusiini	seriini	lopetus	lopetus	A
		leusiini	seriini	lopetus	tryptofaani	G
	C	leusiini	proliini	histidiini	arginiini	T
		leusiini	proliini	histidiini	arginiini	C
		leusiini	proliini	glutamiini	arginiini	A
		leusiini	proliini	glutamiini	arginiini	G
A	isoleusiini	treoniini	asparagiini	seriini	T	
	isoleusiini	treoniini	asparagiini	seriini	C	
	isoleusiini	treoniini	lysiini	arginiini	A	
	metioniini	treoniini	lysiini	arginiini	G	
G	valiini	alaniini	asparagiinihappo	glysiini	T	
	valiini	alaniini	asparagiinihappo	glysiini	C	
	valiini	alaniini	glutamiinihappo	glysiini	A	
	valiini	alaniini	glutamiinihappo	glysiini	G	

lopetettava emäs				
------------------	--	--	--	--

DNA:n koodaavan juosteen emäskolmikkoja vastaavat aminohapot



alkava emäs		keskimmäinen emäs				
		U	C	A	G	
	U	fenyylialaniini	seriini	tyrosiini	kysteiini	U
		fenyylialaniini	seriini	tyrosiini	kysteiini	C
		leusiini	seriini	lopetus	lopetus	A
		leusiini	seriini	lopetus	tryptofaani	G
	C	leusiini	proliini	histidiini	arginiini	U
		leusiini	proliini	histidiini	arginiini	C
		leusiini	proliini	glutamiini	arginiini	A
		leusiini	proliini	glutamiini	arginiini	G
A	isoleusiini	treoniini	asparagiini	seriini	U	
	isoleusiini	treoniini	asparagiini	seriini	C	
	isoleusiini	treoniini	lysiini	arginiini	A	
	metioniini	treoniini	lysiini	arginiini	G	
G	valiini	alaniini	asparagiinihappo	glysiini	U	
	valiini	alaniini	asparagiinihappo	glysiini	C	
	valiini	alaniini	glutamiinihappo	glysiini	A	
	valiini	alaniini	glutamiinihappo	glysiini	G	
	lopetettava emäs					

Lähetti-RNA:n emäskolmikkoja vastaavat aminohapot

Valokuvien oikeudet

s. 5	Nina Tuittu	s. 64	Sanoma Pro Oy
s. 6	Saaru Muranen / Sanoma Pro Oy	s. 76	Eero Kemilä / www.leuku.fi
s. 10	Sanoma Pro Oy	s. 80 ylh.	PantherMedia
s. 14	Viktor Cap / PantherMedia	s. 80 kesk.	Kari Hirvo / Sanoma Pro Oy
s. 15	Wavebreakmedia Ltd / PantherMedia	s. 80 alh.	PantherMedia
s. 17	Viktor Cap / PantherMedia	s. 81 ylh.	WILDLIFE GmbH / Alamy / AOP
s. 25 ylh.	Anita Kokkila / Sanoma Pro Oy	s. 81 alh.	Johanna Kainu
s. 25 alh.vas.	Panu Sotkas	s. 87	Stanislav Duben / PantherMedia
s. 25 alh.kesk.	Mia Saarinen / Sanoma Pro Oy	s. 103	Michael Kai / Corbis / SKOY
s. 25 alh.kesk.	Panu Sotkas	s. 108 vas.	Peter Andersen / colourbox
s. 25 alh.oik.	Panu Sotkas	s. 108 oik.	colourbox
s. 33	Sanoma Pro Oy	s. 109 oik.	Maksym Gorpenyuk / PantherMedia
s. 34	SuperStock / Alamy / AOP	s. 109 vas.	Piotr & Irena Kolasa / Alamy / AOP
s. 36 ylh.	Sanoma Pro Oy	s. 111	Antti Koli / Kuvaliiteri
s. 36 kesk.	Ralph Robinson / Visuals Unlimited / Corbis / SKOY	s. 112	Hannes Buys / Alamy / AOP
s. 36 alh.	PantherMedia	s. 115	Juha Venäläinen
s. 37 ylh.	Anita Kokkila / Sanoma Pro Oy	s. 117 ylh.	imagebroker / Alamy / AOP
s. 37 kesk.	Anita Kokkila / Sanoma Pro Oy	s. 117 alh.	Arterra Picture Library / Alamy / AOP
s. 37 alh.	Kari Hirvo / Sanoma Pro Oy	s. 118 ylh.vas.	Andreas Gradin / PantherMedia
s. 40 ylh.	Gasteiger / laif / MVphotos	s. 118 ylh.oik.	Andreas Gradin / PantherMedia
s. 40 kesk. vas.	Plugi / Sanoma Pro Oy	s. 118 alh.vas.	Andreas Gradin / PantherMedia
s. 40 kesk.oik.	PantherMedia	s. 118 alh.oik.	Wawrzyniec Korona / PantherMedia
s. 40 alh.vas.	P.Terwort / PantherMedia	s. 119	Christian Jegou Publiphoto Diffusion / Science Photo Library / SKOY
s. 40 alh.kesk.	Rusty Dodson / PantherMedia	s. 127 ylh.vas.	Jamen Percy / PantherMedia.
s. 40 alh.kesk.	Alexander Sviridov / PantherMedia	s. 127 ylh.kesk.	Marcel Faupel / PantherMedia.
s. 40 alh.oik.	Jose Francisco Jimenez Meca / PantherMedia	s. 127 ylh.oik.	Sanoma Pro Oy
s. 41 ylh.vas.	Walter Mendedoht / PantherMedia	s. 127 alh.vas.	Sanoma Pro Oy
s. 41 ylh.oik.	Jolanta Dąbrowsk / PantherMedia	s. 127 alh.kesk.	Sanoma Pro Oy
s. 41 kesk.	Tim Heusinger von Waldegge / PantherMedia	s. 127 alh.oik.	Walter Mendedoht / PantherMedia
s. 41 alh.vas.	Danai Nithisakunman / PantherMedia	s. 129	Sanoma Pro Oy
s. 41 alh.oik.	Michal Boubin / PantherMedia	s. 130 ylh.vas.	Marek Swadzba / PantherMedia
s. 43	Sanoma Pro Oy	s. 130 ylh.oik.	Christian Musat / PantherMedia
s. 50 ylh.vas.	Martin Kreutz / PantherMedia	s. 130 alh.vas.	Duncan Noakes / PantherMedia
s. 50 ylh.oik.	Sanoma Pro Oy	s. 130 alh.oik.	Igor Chernomorchenko / PantherMedia
s. 50 kesk.vas.	Sanoma Pro Oy	s. 136 ylh.	Stefan Ekernas / PantherMedia
s. 50 kesk.oik.	Sanoma Pro Oy	s. 136 alh.	Natasha Lee / PantherMedia
s. 50 alh.vas.	National Cancer Institute / Science Photo Library / SKOY	s. 137	Markus Varesvuo / www.leuku.fi
s. 50 alh.oik.	National Cancer Institute / Science Photo Library / SKOY	s. 139	Sanoma Pro Oy
s. 53	Chassenet / BSIP / MVphotos	s. 146	Pekka Sakki / Lehtikuva
s. 62	Sanoma Pro Oy	s. 147 ylh.vas.	Grzegorz Gust / PantherMedia
		s. 147 ylh.oik.	Grzegorz Gust / PantherMedia
		s. 147 kesk.vas.	Natural Visions / Alamy / AOP

s. 147 kes.oik. WILDLIFE GmbH / Alamy / AOP
s. 147 alh.vas. PantherMedia
s. 147 alh.oik. Sergei Uriadnikov / PantherMedia
s. 148 Andrew Darrington / Alamy / AOP
s. 154 Sanoma Pro Oy
s. 155 ylh.vas. D. Sheldon / FI Online / Corbis / SKOY
s. 155 ylh.oik. JP Korpi / Plugi
s. 155 ylh.oik.alh. Rudmer Zwerver / PantherMedia
s. 155 alh.vas. Jaakko Avikainen / Lehtikuva
s. 157 Paul-François Ga / PantherMedia
s. 158 PantherMedia
s. 162 ylh. Roman Rodionov / PantherMedia
s. 162 alh. Jaakko Suvala / Rodeo
s. 166 Scanpix Sweden / Lehtikuva
s. 173 oik. Nigel Cattlin / Minden / SKOY
s. 173 vas. Anita Kokkila / Sanoma Pro Oy
s. 173 alh. Anita Kokkila
s. 175 Jose Luis Pelaez, Inc. / Blend Images / Corbis / SKOY
s. 187 Detlef Trede / PantherMedia
s. 201 David Stoecklein / Corbis / SKOY
s. 211 Waltraud Grubitzsch / dpa / Corbis / SKOY
s. 213 DR G. Moscoso / Science Photo Library / SKOY
s. 220 Andrew Brookes / Corbis / SKOY
s. 230 ylh. Sanoma Pro Oy
s. 230 alh. PantherMedia
s. 235 Sanoma Pro Oy

Johanna Kainu: s. 62, 110 oik., 111, 211

Pekka Könönen / Picman Oy: s. 21, 23, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 48 ylh., 49, 51, 54, 56, 57, 58, 66, 67, 68, 69, 70 ylh., 71, 72, 73, 76, 77, 78, 83, 84, 85, 88, 89, 91, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 110 vas., 116, 117, 125, 128, 134, 135 ylh. ja oik., 136, 138, 140 alh., 141, 142, 144, 150, 151, 153, 154, 156, 157, 163 ylh., 172, 173 oik., 174, 176, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 195, 197, 198, 200 oik. alh., 201, 202, 204, 208, 209, 210 vas. alh., 212 alh., 218, 219 vas., 222, 223, 224, 225, 226, 228, 229 ylh., 232, 234, 235, 236, 282,

Kauko Kyöstiö / Spatio Oy: s. 55, 113, 114, 135 vas., 140 ylh., 147, 163 alh., 164, 165, 173 vas.,

Seppo Leinonen: s. 86 alh.

Jorma Paranko: 52, 74, 86 ylh., 200 vas., 210 vas. ylh. ja oik., 229 alh.

Maia Raitanen: s. 33, 46, 48 alh., 59, 70 alh., 121, 130, 177, 178, 187, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 200 oik. ylh., 203, 205, 207, 212 ylh., 213 alh., 217,

WSOY: s. 179, 180